GRAĐEVINAR

ČASOPIS DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA

I TEHNIČARA N. R. HRVATSKE

SADRŽAJ

Ing. A. VILERDING: VODOVOD GRADA OSIJEKA

Ing. D. BEZIĆ: ELEKTRIČNA VUČA NA ŽELJEZNICAMA (Povodom početka elektrifikacije pruge Srpske Moravice—Rijeka)

Ing. J. ŠIPRAK: OPREMA VELIKIH CESTOVNIH TUNELA

ING. N. PAUKOVIĆ: TLAK VJETRA NA CILINDRIČNE PREDMETE

Ing. K. TONKOVIĆ: PROVJERAVANJE PENDLA I KVADERA

Dr. O. MAČEK: O NESREĆAMA U GRAĐEVINARSTVU

IZ INOSTRANIH ČASOPISA

VIJESTI IZ PRIVREDE

IZ DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA NR HRVATSKE

GOD. VI VELJAČA 1954 BROJ 1

»GRAĐEVINAR« IZLAZI 6 PUTA GODIŠNJE

Dopise i članke treba Uredništvu dostaviti u dva primjerka pisana strojem, u **originalu** i jednoj kopiji, pisano s razmakom između redaka. Pisati treba samo na jednoj stranici lista. Crteže i opise na njima treba izraditi crnim tušem na prozirnom ili glatkom bijelom papiru, tako da umanjeni na stranicu časopisa budu jasni i čitljivi. Pretanke crte, sitna slova i brojke ne smiju se upotrebljavati. Fotografije moraju biti jasne. Objavljeni radovi se honoriraju, rukopisi ne vraćaju.

GRAĐEVINAR

GOD. VI VELJAČA 1954 BROJ 1

VODOVOD GRADA OSIJEKA

Ing. **Albin Vilerding**, Zagreb

Historijat

Osječki vodovod je tipičan primjer razilaženja između projektiranja i izvedbe diktirane životnim potrebama grada. Dok su kroz 60 godina sastavljani projekti, o kojima su se vodile diskusije, dotle je u stvarnosti izgrađen vodovod, kako ni jedan projektant nije predviđao.

Postojeći osječki vodovod rastao je postupnim proširivanjem vodovodne mreže, koja je prvotno bila izvedena u čisto vatrogasne svrhe. Dva vatrogasna društva, gornjogradsko i donjogradsko, izvela su svako za se vodovodnu mrežu sa crpkama na Dravi, da za požarne svrhe bude raspoloživa voda u glavnim ulicama. Da bi ugrađene cijevi bile iskorištene, crpljena je voda za polijevanje ulica, a s vremenom su izvođeni i kućni priključci za potrošnju vode u kućanstvima.

Vodovodna se mreža dalje izgrađivala, jer su se javljali novi interesenti za potrošnju, a potrebna financijska sredstva namaknuta su iz vodovodnih pristojba i dotacija iz gradskih budžeta. Konačno je konzum bio toliko povećan, da je zadatak opskrbe prerastao mogućnosti vatrogasnih društava za upravljanje takvim pogonima, pa je god. 1937 Gradska općina preuzela upravu vodovoda u Gornjem i Donjem gradu u svoju nadležnost.

Nakon prelaza obaju vodovoda pod jedinstvenu upravu provedena je temeljita rekonstrukcija napojnih i opskrbnih vodova, koji odgovaraju svrsi u tolikoj mjeri, da zbog distribucionog sistema ne bi trebalo smatrati taj vodovod lošim. Međutim, osnovni faktor ne valja, a to je voda, koja se nepročišćena crpi direktno iz korita Drave i tlači u gradsku mrežu. Sa znatnim doziranjem klora ova postaje donekle sterilna, ali joj nedostaju ostala bitna svojstva pitke vode.

Ako postavimo pitanje, zašto grad sa 60 000 stanovnika nema uređeno pitanje opskrbe vodom i kako je moguće, da su projekti postojali, a da se ipak nije pristupilo njihovoj realizaciji, treba razmotriti historijat projektiranja, iz kojeg ćemo uočiti težište problema.

Godine 1895 podnijelo je Dioničko društvo za vodovode, plin i grijanje iz Beča po svojem predstavniku Ing. Wagenführeru projekt za opskrbu Osijeka gorskom vodom iz vrela »Iskrice« kraj Orahovice. Voda bi bila dovedena gravitacijom do potrošišta, jer su vrela smještena preko 300 m više od Osijeka. Vodovod bi bio dugačak oko 62 km, a cijevi bi bile promjera 300 mm sa protokom 40 l/sek. Za takav vodovod tražilo je društvo svotu od 3 050 000 K, a cijena vodi bila je predviđena 44 filira po m³.

Radi bolje predodžbe, koliku je cijenu predstavljala ta investicija u današnjem novcu, poslužit ću se jediničnom cijenom za cijevi, koji su u analizi navedene sa 21 filirom po kilogramu postavno gradilište. Sada stoji kilogram takvih cijevi oko 140 dinara, dakle, faktor je zaokruženo 700. Prema tomu je današnja vrijednost te ponude 2 135 000 000 dinara, a cijena vode 308 dinara po m³.

Razumljivo je, da se gradsko vijeće nije moglo na brzinu odlučiti na tu investiciju, pogotovu, jer je jedinična cijena vode bila vrlo nepovoljna. Dok se vodila rasprava o gradnji, društvo je palo pod stečaj i tako je propala prva osnova.

Godine 1897 ponudio je Ing. David Grove iz Berlina izvedbu gravitacionog vodovoda iz Vrela Krndije kod Našica s kapacitetom 35 l/sek. Ponuda je glasila na svotu 3 600 000 K, a cijena vode bila je opet 44 filira po m³. Ta je ponuda odbijena kao nepovoljna.

Iste godine stavilo je i francusko društvo »Compagnie nationale des travaux d'utilité publique et d'assainissement« iz Pariza ponudu za opskrbu grada filtriranom dravskom vodom u dnevnoj količini od 4000 m³. Podataka o građevnim troškovima i cijeni vode nema.

Godine 1903 podnosi Ing. Wagenführer ponovno projekt za gradnju vodovoda iz vrela »Iskrice«, s prijedlogom, da grad Osijek izvodi radove u svojoj režiji, te ovaj put snizuje predračunsku svotu na 2 200 000 K. Iste godine podnosi isti inženjer novi projekt za opskrbu grada filtriranom vodom iz Drave, s predračunskom svotom 1 455 486 K.

Do izvedbe nije došlo, jer se Gradsko vijeće nije moglo ni načelno odlučiti, koju bi osnovu prihvatilo.

Godine 1904 pozvan je profesor Oelwein iz Beča, dà dade stručno mišljenje o obim varijantama. U iscrpnoj ekspertizi i analizi troškova on dolazi do ovog rezultata:

gravitacioni vodovod sa mjesnom mrežom stajat će 3 800 000 K,

dravski vodovod s mjesnom mrežom stajat će 2 120 000 K.

Izričito se ne izjašnjava ni za jednu varijantu, a iz njegovih dedukcija o troškovima dobiva se utisak, da zagovara dravski vodovod. Međutim,

na kraju svog izvještaja napominje, da gradovi, koji se mogu opskrbiti izvorskom vodom, ne štede na troškovima, kao što Beč, koji leži kraj Dunava, gradi drugi gravitacioni vodovod iz Alpa dugačak 200 km, a isto tako i Prag, koji leži na Vltavi, dovodi vodu na 50 km daljine iz Karana.

U međuvremenu pristupa se prvim dubokim bušenjima zbog pronalaženja podzemne vode.

Godine 1902 povjereno je firmi Julio Thiele iz Češke bušenje sonde kraj bolnice u Donjem gradu. Bušilo se sistemom ispiranja, tako da su kroz vodonosne slojeve prolazili bez naročite pažnje, u očekivanju, da će naići na artešku vodu s pozitivnim tlakom. Bušotina je izvedena na dubinu 303 m, ali bez rezultata.

Nakon toga je pažljivo izbušen drugi bunar do 84 m dubine, i pri tome ustanovilo, da postoje tri etaže vodonosnih slojeva, prvi na 38 m, drugi na 43 m i treći na 74 m dubine. Voda nije dopirala do površine terena, nego je bila 15 m duboko.

Godine 1906 sklopljen je ugovor sa firmom David Grove iz Berlina, da izvrši predradnje i bušenje pokusnih bunara, zbog dobivanja podzemne vode za opskrbu grada.

Izbušena je 29 sonda, da se ustanovi geološki sastav i promatra vodostaj. Iz jedne bušotine crpljena je kroz 40 dana količina od 4 do 6 l/sek bez znatnog sniženja. Nažalost, nema podataka, koliko je iznosilo sniženje i kakva je bila depresiona krivulja.

Prilikom tih radova je ustanovljeno, da gornji zaštitni sloj ilovače ima debljinu 7 do 8 m, a ispod njega da se nalaze vodonosni slojevi do dubine 45 do 48 m, koji su ispremiješani s ulošcima plave gline.

Godine 1907 podnijela je firma Grove po drugi put operat za gradnju vodovoda iz gorskih izvora s predračunskom svotom od 5 953 260 K. Ponuda nije bila prihvaćena.

Iste godine pozvan je poznati hidrolog A. Thiem iz Leipziga, da dade mišljenje o opskrbi grada podzemnom vodom, na temelju bušotina izvedenih od firme Grove. Iz opažanja došao je Thiem do zaključka, da su vodonosni slojevi tercijera, pravilniji i veći jugoistočno i istočno od grada, dok je u ostalim sondama pijesak presitan i slabo propustan, pa prema tome i slabe hidrološke kvalitete. On je preporučio, da se prije definitivnog zaključka za opskrbu podzemnom vodom ispita nizina uz Dravu kod Nemetina u kvarternim naslagama, što je i učinjeno. Tamo se doista naišlo na mnogo bolje propusne vodonosne slojeve i veću izdašnost. Kod crpljenja od 12—16 l/sek nije bilo znatnog sniženja. Nažalost, i opet nema podataka, koliko je iznosilo sniženje.

Na osnovu tog nalaza sastavila je firma Grove operat za opskrbu vodom iz bunara u Nemetinu. Taj je projekt bio odobren s predračunskom svotom 2 629 790 K. Do izvedbe nije došlo, jer se Gradsko zastupstvo u međuvremenu odlučilo za izvođenje vodovoda iz rijeke Drave, na temelju projekta firme Žigmondi iz Budimpešte.

Troškovnička svota je iznosila zaokruženo 2 220 000 K, a sa dubokim cisternama za hlađenje iznosio je trošak 2 800 000 K. Do izvedbe nije došlo, jer se početak radova zavukao uslijed prigovora za ekspropriaciju zemljišta potrebnog za vodovodne uređaje.

U međuvremenu, dok se vodila polemika o opskrbi sa podzemnom ili dravskom vodom, podnijela je firma Payer i drug iz Karlovca ponudu za izgradnju gorskog vodovoda za svotu od 6 500 000 K. Time je nastala potpuna zabuna u slojevima građanstva i Gradskog zastupstva, pošto su se stručnjaci razilazili u mišljenjima i prijedlozima. Sve te diskusije i osnove prekinuo je Prvi svjetski rat.

Poslije rata nastala je ekonomska kriza, pa se kroz dulji niz godina ne pokazuje ni s koje strane inicijativa za građenje. Tek god. 1931, nije poznato na čiju pobudu, održali su predavanje o gradnji vodovoda Ing. Schilling iz Leipziga te Ing. Andorf i Ing. Bauer iz Berlina. Sva trojica preporučivali su izvedbu vodovoda iz dubokih zdenaca. Ing. Bauer je preporučio da se voda uzima u Pompasu, a da se napusti područje kod Nemetina. Obrazložio je to time, da se Nemetin nalazi nizvodno od ušća gradske kanalizacije, pa bi uslijed propusnosti vodonosnih slojeva moglo nastupiti zagađenje podzemne vode.

Iste godine podnosi firma Jakob Nohl iz Darmstadta ponudu za gradnju vodovoda iz dubokih bunara, koji bi bili smješteni uz baranjsku prugu južno od gradske električne centrale. Predračunska svota je iznosila 36 000 000 Din. Projekt je kao nesolidan odbijen.

Naredne godine ista firma podnosi novi projekt, s predračunskom svotom na 27 000 000 Din, no i taj je projekt odbijen.

Konačno, Grad Osijek preuzima inicijativu u svoje ruke i 1937 godine pristupaju tehnički organi Gradskog građevnog ureda ispitivanju područja Pampasa sa hidrološkog gledišta i ispitivanju vode u pogledu kvalitete i načina kondicioniranja. Na temelju tih studija i predradnja sastavljen je projekt za opskrbu vodom iz bušenih bunara na području Pampasa. Projekt je solidno sastavljen i obuhvatio je cijelu rekonstrukciju, ali je pretpostavka za izradu sistema bunara na Pampasu previše smiona, jer je na temelju pokusnog ispitivanja na jednom bunaru stvoren zaključak, da će niz bunara na razmaku oko 1 km imati identične hidrološke uvjete. Do izvedbe nije došlo, jer je Drugi svjetski rat prekinuo daljnju djelatnost na tom području.

Varijante opskrbe i njihove karakteristike

Iz prikaza projekata vidi se, da je težište problema u izboru vrsti vode, kojom će se Osijek opskrbljivati, jer postoje tri mogućnosti: izvorska, podzemna i dravska voda. Za svaku vrst pak postoji nekoliko rješenja, a naročito za podzemnu i dravsku vodu.

Prije nego što se upustimo u ocjenu, koja je varijanta povoljnija, treba istaknuti bitne karakteristike svake od njih.

Prva varijanta, voda iz gorskih izvora, ima pozitivne faktore, da je besprikorna za piće, temperatura joj varira između 8 do 10° C, a tvrdoća iznosi 16 do 17° njem. Izvori leže dovoljno visoko, da se voda može dovesti gravitacijom do potrošišta i uz dovoljan pretlak razvesti u gradsku mrežu. Negativni faktori su: velika udaljenost i premalena količina, jer izvori daju najviše do 50 l/sek, a Osijek treba za sadanje potrebe najmanje 150 l/sek. Osim toga, usputne su općine tražile priključak na opskrbni vod, tako da bi se usput potrošio znatan dio vode. Uslijed toga je već prije Drugog svjetskog rata napuštena ova varijanta kao nepodesna i izostavljena iz daljnjega razmatranja.

Druga varijanta s podzemnom vodom ima ove pozitivne faktore: sterilna je i ima stalnu temperaturu oko 13° C. Negativni su faktori, da nije podesna za direktnu upotrebu, jer sadržava otopljenog željeza u količini od 4 do 6 mg/l i ima miris po sumporovodiku. Da postigne standard pitke vode, mora se prije distribucije osloboditi primjesa, koje kvare ukus, a to se postizava prskanjem u dodiru sa zrakom (aeracijom) i filtriranjem nakon stvaranja pahuljica željeznog hidroksida. Osim toga joj tvrdoća iznosi 26° njem., te bi bila neugodna za uporabu u kućanstvima, a nepodesna za industriju zbog stvaranja kamenca. Za eliminiranje tog nepovoljnog faktora treba je podvrći procesu omekšavanja. Cijeli proces kondicioniranja sastojao bi se iz: aeracije, omekšavanja dodavanjem gašenog vapna, miješanja, taloženja, filtracije i desinfekcije.

Daljnji je nepovoljni faktor nedostatak hidroloških podataka, iz kojih bi se mogla zaključiti izdašnost, brzina i smjer kretanja podzemne vode. Iz znatnog broja pokusnih bušotina može se samo zaključiti, da postoji geološka raznolikost slojeva i da je ta raznolikost najveća uz obalu Drave, a sve manja dalje od Drave; međutim, svi projekti i konzultirani stručnjaci preporučju izvedbu bunara u blizini Drave, dakle upravo na terenu, koji ima najnepovoljniji geološki sastav. Iz ove okolnosti dobiva se utisak, da svi stručnjaci s izvjesnom skepsom računaju s izdašnošću dubinskih slojeva i polažu važnost na dodatnu količinu vode iz Drave, koja se infiltrira u podzemlje. Daljnja nepoznanica je propusnost vodonosnih slojeva. Iz jednog pokusnog bunara na Pampasu ustanovljena je linija depresije, prema kojoj bi razmak bunara trebao iznositi oko 80 m, pri crpljenju 12 l/sek.

Predviđa se, da će Osijek u skoroj budućnosti trošiti 20 000 m³/dan, a jedan bunar može davati oko 900 m³/dan, pa bi trebalo odmah izvesti 22 bunara. Prema ovom kriteriju zauzimalo bi crpilište prostor u dužini oko 1 700 m. Međutim, na temelju pokusnih crpljenja u Nemetinu mogla bi se izdašnost vodonosnih slojeva procijeniti na 2 000 m³ po km. Ako bismo se upravljali po ovom kriteriju, onda bi se crpilište prostiralo na pojasu oko 10 km dugačkom.

Iz toga slijedi, da je na tom području još neizvjesnost i da se mogu učiniti grube grješke, da bunari budu preblizu smješteni, pa njihov kapacitet ne bi bio u cijelosti iskorišten, ili da budu suviše razmaknuti, zbog čega bi nastali nepotrebni troškovi poradi dugačkih spojnih cijevnih vodova i otkupa zemljišta za stvaranje zaštitnog pojasa.

Konačno, treba uzeti u obzir i tu okolnost, da porast konzuma izaziva potrebu daljnjih gradnja bunara, kao i to, da je trajnost bunara ili, kako zovemo, »život« bunara ograničen na 10—15 godina, nakon kojeg roka treba uspostaviti novi bunar. Dakle, za održavanje ažurnog pogona potrebna je konstantna građevna djelatnost i stalne nove investicije, što sve utječe na jediničnu prodajnu cijenu vode.

Treća varijanta sa dravskom vodom ima ove prednosti: Raspoloživa količina je praktički neiscrpiva, povećanje konzuma ne izaziva nikakve daljnje gradnje ni proširenja, nego samo nabavu jačih crpnih agregata. Tvrdoća iznosi 6—8° njem., pa voda spada u red mekanih voda i podesna je za upotrebu u kućanstvima i industriji. Negativni su faktori, da je voda mutna kroz cijelu godinu, a za vrijeme viših vodostaja nosi mnogo lebdećeg pijeska, da je promjenljive temperature, ljeti dosiže do 26° C, a zimi spadne do 1° C. Osim toga nije sterilna, jer sadržava klice kao i svi površinski vodotoci.

Prvo i treće svojstvo može se korigirati odgovarajućim uređajima za kondicioniranje i sterilizaciju, a varijacije u temperaturi bit će sa znatnim korekcijama uslijed zagrijavanja zimi, a hlađenja ljeti u dovodnom cijevnom vodu, rezervoaru i razdijelnoj mreži.

U procesu kondicioniranja prije uporabe voda se mora podvrći koagulaciji, taloženju, filtraciji i sterilizaciji.

(Nastavit će se.)

ELEKTRIČNA VUČA NA ŽELJEZNICAMA

(Povodom početka elektrifikacije pruge Srpske Moravice—Rijeka)

Ing. D. Bezić, Zagreb

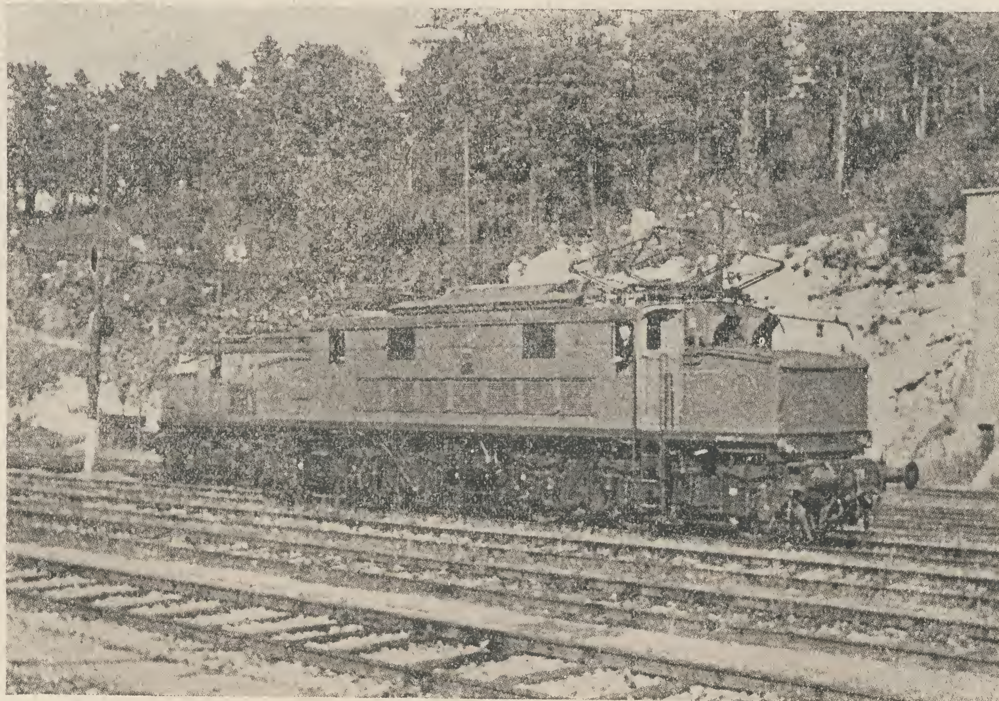
Pitanje elektrifikacije naših željeznica nije do nedavno uzimano u ozbiljan pretres. Nadležni u staroj Jugoslaviji imali su pogrešno mišljenje, da je naša zemlja »bogata ugljenom«, pa da joj zato nije potrebna elektrifikacija. U novoj Jugoslaviji je prethodno trebalo obnoviti ratom porušenu zemlju i podići ključne objekte, kako bi zemlja bila sposobna da potrebne instalacije izradi kod kuće. I javno mišljenje, nedovoljno obaviješteno, smatralo je, da bi elektrifikacija sa svojim skupocjenim instalacijama značila beskorisno rasipanje novaca za »nepotreban luksus«.

Sada međutim, kada se moglo dokazati, da su oba ova mišljenja pogrešna i kada su nestali privatni vlasnici ugljenih rudnika, glavni protivnici elektrifikacije, a zahtjevi u željezničkom prometu su znatno pojačani, postavlja se u punoj ozbiljnosti pitanje, da li obnoviti naše dotrajale parne lokomotive, kod kojih prosječna starost premašuje 30 godina, ili ih zamijeniti s električnima, barem ondje gdje bi se elektrifikacija brzo isplatila. Koristan odgovor na ovo pitanje može se dati samo pravilnim uspoređenjem tih dvaju sistema vuče.

Električna vuča, kako je poznato, zahtijeva znatno veće investicije od parne, jer ona traži, osim kolosjeka, i transformatorske stanice i električne vodove. Ali električna vuča ima prednost u tome, što mnogo ekonomičnije troši energiju i može da iskorišćava jeftine vodene i druge prirodne snage (zemni plin i slab ugljen, koji ne podnosi troškove prevoza) i time snižava cijenu željezničkog transporta toliko, da uložene investicije mogu da budu amortizirane uštedama u veoma kratkom vremenu od 8 do 10 godina. Električna lokomotiva nije u pogonu samo ekonomičnija od parne, ona je također i daleko sposobnija i praktičnija.

Problem elektrifikacije željeznica nije nov; on postoji još odonda kada su se proizvodnja i prenos elektriciteta pokazali tehnički izvodivim. Tako je na pr. krajem godine 1927 stavljena u »stanje mira« prva električna lokomotiva upotrebljavana u praktičnoj službi još od godine 1882, dakle punih 45 godina, u rudniku ugljena Zankenrad u Saskoj. Ali stvarno prva električna željeznica — iako u minijaturnim razmjerima — bila je u pogonu već 1879 godine na međunarodnoj izložbi u Berlinu. Električni vlak sa malom, 3 KS jakom lokomotivom i tri vagona sa po šest putnika, prevažao je posjetioce izložbe na 300 m dugačkom kolosjeku brzinom od 6—12 km na sat.

Godine 1883 pojavljuje se i prvi gradski električni tramvaj u austrijskom gradu Mödlingu, a 1884 god. elektrificirana je rovska željeznica u rudniku soli Neustrassfurt. Prva električna željeznica za javnu upotrebu bila je ona Društva Baltimore—Ohio u Americi, izgrađena 1895 god.



Sl. 1. Električna lokomotiva za prugu Rijeka—Zagreb

Ipak, uprkos svih svojih dobrih odlika, elektrifikacija željeznica, kao i sve druge novotarije, koje prijete pravom revolucijom starom postojećem režimu, nije mogla brzo da osvaja mjerodavne činioce, koji su bili nestručni i konzervativni elementi. To je bio jedan od mnogih razloga, da je elektrifikacija željeznica u svom prvom početku sporo napredovala. Ne smije se također zaboraviti, da se električna lokomotiva pojavila tek onda, kad je parna imala za sobom već punih 75 godina neprekidnog usavršavanja, iako je ona i do danas ostala u osnovi ona ista Stephensonova lokomotiva iz 1829 godine, dok je električna lokomotiva imala tek da pređe čitav niz radikalnih izmjena i dopuna radi usavršavanja ne samo svoga, nego i raznih sistema električne struje, njezine proizvodnje, prenosa, transformacije i primjene, dok se konačno nije došlo do moderne lokomotive današnjice i čitavog sistema opskrbe električnom energijom.

Tok, kojim se vršilo usavršavanje električne lokomotive, bio je, prema tome, sasma različit od onoga, kojim se je usavršavala parna lokomotiva, i to s obzirom na okolnosti, u kojima se usavršavanje vršilo, kao i na zahtjeve, koji su se postavljali. Treba istaknuti, da se parna lokomotiva usavršavala istovremeno i paralelno s razvojem i napretkom samog željezničkog prometa, čiji je ona bila sastavni dio od samog početka; ona nije imala nikakovog takmaca, koga je trebalo savladati i koji bi mogao da bude u ovom takmičenju nekim mjerilom sposobnosti ili superiornosti parne lokomotive. Međutim, kod električne lokomotive prilike su bile sasvim drugačije; ona je odmah u početku imala opasnog takmaca, tada već usavršenu parnu lokomotivu, koja je suvereno vladala željezničkim prometom i koju zaista nije bilo lako savladati. Pod ovakovim okolnostima morali su na električnu lokomotivu biti odmah postavljeni veliki zahtjevi, kojima je ona međutim brzo i potpuno udovoljila, pokazavši uz tehničke i velike ekonomske prednosti nad parnom.

Ipak, uza sve to, trebalo je da prođe još čitav četvrt vijeka, dok se uspjelo dokazati nadležnima, koji su bili navikli samo na parnu vuču, neosporne prednosti električne lokomotive. Dokazati im, da električna željeznica, sa svim svojim skupocjenim instalacijama, može da bude u pogonu daleko ekonomičnija od parne, nije bio lak posao. Smatralo se onda, da je električna lokomotiva samo za to, da bi se povećala brzina i udobnost putničkih vlakova, dok su sve druge prednosti, naročito ekonomske, smatrane problematičnima.

Ovom neshvaćanju, a prema tome i zastoju elektrifikacije željeznica, bili su nesumnjivo mnogo krivi i sami propagatori električne vuče. Beskonačne njihove rasprave o boljim ili lošijim stranama ovog ili onog sistema struje ili tipa lokomotive izazvale su sumnju u sposobnostim i opravdanost elektrifikacije kod onih, koji su već imali skoro 100-godišnje iskustvo s parnom vučom. To neslaganje elektrotehničkih stručnjaka moglo je biti i opravdano postojanjem velikog broja sistema i načina za primjenu eletkriciteta u vuči, za razliku kod parne lokomotive, gdje se uvijek radilo jedino o usavršenju njezinog parnog kotla i stroja, ali je ono ipak moralo izazvati kod neupućenih dojam, da ni sami stručnjaci nisu još na čistu, koje nam koristi pruža električna vuča na željeznicama. Tek onda kada je iskustvo u električnom pogonu željeznica s raznim sistemima i raznim tipovima lokomotiva nepobitno dokazalo, da je električna vuča daleko nadmašila parnu i potpuno opravdala sva očekivanja, koja su u nju polagana i da su sve električne pruge, koje više a koje manje, pokazale ekonomičnost u pogonu, tek onda bila je opće priznata nadmoćnost električne vuče.

Danas kod električne vuče nema više nepoznanica, a kod projektiranja raspolažemo s preciznim tehničkim podacima, dobivenim dugogodišnjim iskustvom u pogonu.

Kod elektrifikacije željeznica postoje uglavnom dva problema: tehnički i ekonomski. Oba ova problema moraju se tako riješiti, da bi se elektrifikacija isplatila.

Tehnički problem elektrifikacije

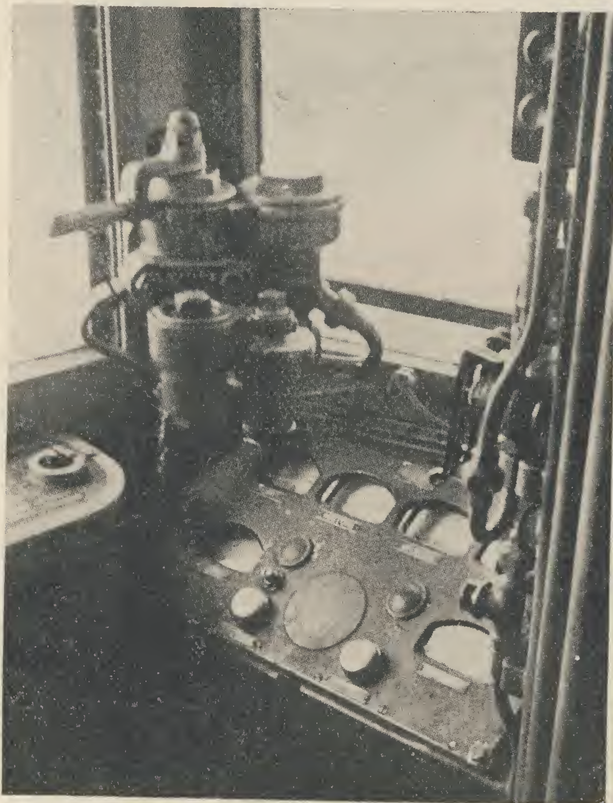
Da bi lokomotiva mogla da povuče određeni vlak određenom brzinom, potrebno je, da ona, kao i sama pruga, ima za to određene uvjete, jer je željeznica u stvari kombinacija dvaju usko povezanih elemenata, t. j. gvozdenog puta i mehaničkog



Sl. 2. Električna lokomotiva za prugu Rijeka—Zagreb

motora za vuču. Prema tome otpor, koji se suprotstavlja kretanju vlaka, ne sastoji se samo od raznih otpora u lokomotivi i kolima, već i od trenja kotača o šine i od otpora, koji stvaraju krivine i usponi. Zaoštravanjem krivina i povećanjem uspona smanjuje se dužina pruge, a time i troškovi investicija, ali se ujedno time stvaraju lokomotivi veći otpori, zbog čega ona mora da bude jača i teža, čime se opet povećavaju troškovi prometa. Kod građenja pruga potrebno je zato paziti na ova dva suprotna faktora, kako bi se na projektiranoj pruzi utvrdio najekonomičniji nagib. Svakako je dovoljno jasno, da će sposobnije lokomotive moći dopustiti oštrije krivine i veće nagibe, pa prema tome i jeftinije građenje pruge.

U praksi je dokazano, da vučne sposobnosti električne lokomotive prema parnoj, potpuno opremljenoj za službu (tender, ugljen, voda), stoje u odnosu 8 : 5, t. j. gdje je potrebno da parna lokomotiva bude teška 145 tona, isti posao može da izvrši električna samo 90 tona teška, ili obrnuto, tamo gdje parna lokomotiva može da povuče 300 tona težak vlak, jednako teška električna može da povuče 480 tona težak vlak. Općenito možemo reći, da je uspon od 16‰ za parnu vuču ekvivalentan usponu 25‰ za električnu vuču i t. d. Ovo je posljedica toga, što kod električne lokomotive otpadaju svi mrtvi tereti (tender, ugljen, voda), pa se čitava njezina težina može koristiti kao atheziona, a električni motori razvijaju uvijek stalan okretni



Sl. 3. Unutrašnjost upravljačke kabine na elektromotornom vlaku

moment, te se usljed toga bolje koristi koeficijent trenja između kotača i šine; to nije slučaj kod parne lokomotive, gdje se pritisak pare u parnom stroju stalno mjenja od nule do maksimuma, čime se stvaraju udarci, koji izazivaju klizanje kotača. I sam prelaz električne struje sa kotača na šinu nesumnjivo pomaže koeficijentu trenja kod električne vuče.

Za savlađivanje otpora na velikim usponima postoji za parnu lokomotivu teškoća i u tome, što su za to potrebne velike snage, odnosno ogromni parni strojevi i kotlovi, koji se u lokomotivu teško ugrađuju. Dvostruke parne lokomotive sa dva kotla i deset pogonskih osovina imaju najviše oko 4 do 5000 KS, dok se u električne lokomotive lako ugrađuju vučni motori ukupne snage do 12 000 KS.

Na teškim brdskim prugama, kada parna lokomotiva nije više u stanju da savlađuje potrebe povećanog prometa, mogu se električnim lokomotivama, zbog njihovih boljih vučnih sposobnosti, znatno povećati težine i brzine vlakova, a time i propusna moć pruge, prema okolnostima podvostručiti, pa čak i potrostručiti, kao što je bio slučaj n. pr. na pruzi Chicago—Milwaukee—St. Paul (S. A. D.), gdje je promet bio tako narastao, da je teške vlakove moralo da vuče po 5 parnih lokomotiva. Elektrifikacijom mogle su da vuku električne lokomotive 2700 tona teške vlakove dvostruko brže nego što su prije parne vukle vlakove od 1600 t. Interesantan je također slučaj na Virginskoj pruzi, na kojoj su prije elektrifikacije na dionici Mulens—Norfolk s usponom od 20‰ tri velike parne lokomotive, tipa Malet, vukle 5500 t teške vlakove (ugljen) sa brzinom od 11 km/h, dok su poslije elektrifikacije samo dvije električne lokomotive mogle da vuku na istoj dionici vlakove od 6000 tona sa brzinom od 22,6 km/h. Na talijanskoj pruzi Giovi kod Genove elektrifikacijom dijela Bussalla—Pontedecimo, s usponom od 35‰, mogle su 60 t teške lokomotive vući 190 tona teške vlakove sa brzinom od 45 km/h, dok su prije elektrifikacije 102 tone teške parne lokomotive vukle 170 t teške vlakove sa brzinom od 20 km/h.

Kod električnih lokomotiva postoji mogućnost individualnog pogona osovina, bez ikakovih poluga ili bilo kakovih krutih veza među osovinama, što omogućuje da se u lokomotivu ugradi neograničen broj konjskih snaga. Individualnim pogonom osovina, zgodno povezanih na okretna postolja, koja ujedno služe i kao vodeća, omogućava se lokomotivi bezopasno prelaženje mnogo oštrijih krivina u trci; elastičan povez između pogonskog motora i osovine skoro potpuno isključuje klizanje kotača po šinama i stvara elastičan i miran pokret, naročito kod upućivanja i kočenja vlaka, s nesrazmjerno manjim oštećenjima kolosjeka.

Spretnost u kretanju kod električne lokomotive izvanredno je velika; ona se lako upravlja u oba smjera bez okretanja, a organi za upravljanje lako i brzo reagiraju, tako da se može upravljati i sa više lokomotiva u jednom vlaku lako samo jedan strojovođa.

Sam upravljač na električnoj lookmotivi ima daleko bolji pregled pruge i signalnih postrojenja, a njegova služba nije ni izdaleka fizički onako naporna kao na parnoj lokomotivi, pa može da vozi daleko lakše i sigurnije. On nema nikakovog posla s održavanjem lokomotive za vrijeme vožnje kao kod parne (loženje, napajanje kotla, kontrola pritiska pare, podmazivanje i t. d.), i time se lokomotiva može lako prepustiti raznim turnusima strojovođa, što je čini praktički neprekidno sposobnom za vožnju. Konačno, strojovođa je smješten u čistoj i zračnoj kabini, što nesumnjivo predstavlja velik socijalni napredak.

Ekonomski problem elektrifikacije

Govoriti o tehničkom savršenstvu bilo parne ili električne lokomotive bilo bi, naravno, neumjesno, ali svakako se može reći, da je parna lokomotiva, koja ima za sobom već preko 100 godina života i usavršavanja, ipak mnogo bliža svojoj kulminaciji nego električna. Svakako, ni kod jedne ni kod druge ne postoje više nikakovi osobiti tehnički problemi, koje bi trebalo još rješavati, pa se zato kod proučavanja elektrifikacije željeznica postavlja uglavnom problem čisto ekonomske naravi.

Tvrdi se naime, da su parne lokomotive mnogo jeftinije od električnih; da moderne lokomotive na pregrijanu paru rade vrlo ekonomično i t. d. Međutim, električne lokomotive su redovito mnogo jače od parnih. Parne lokomotive sa svojim današnjim snagama stoje na granici fizičkih mogućnosti jednog ložača, pa svako povećanje snage izaziva pitanje drugog ložača na lokomotivi. Ložač je međutim skup radnik i njegovo postavljanje poskupilo bi znatno pogonske izdatke dotične lokomotive. S druge strane, i najjačom električnom lokomotivom upravlja danas redovito samo jedan čovjek. Parnim lokomotivama potrebne su vodovodne instalacije, okretnice, slagališta ugljena kao i sam dovoz ugljena (20—30% sposobnosti pruge), mjesto i vrijeme za potpaljivanje kotlova i gašenje vatre i t. d. Sve ovo ne samo da poskupljuje građenje pruge, nego i pogon i održavanje. Potrebni su radnici na usputnim stanicama radi manipulacije ugljenom, za čišćenje kotlova na lokomotivama ne zahtijeva samo mnogo vremena, t. j. dugo držanje lokomotive izvan pogona, nego također i mnogo novaca. Sve ovo kod električne lokomotive potpuno otpada. Ako tome nadodamo veće sposobnosti električne lokomotive, vidjet ćemo, da je za određenu službu potreban znatno manji broj lokomotiva nego li kod parne vuče, što potpuno nadoknađuje višu cijenu koštanja električnih lokomotiva, tako da je na kraju jedan park električnih lokomotiva jednak ili čak i do 25% jeftiniji od ekvivalentnog parka parnih lokomotiva, koji bi bio potreban za istu službu.

Parna lokomotiva prevali srednje 8—9 000 km mjesečno, a električna i do 26 000 km. Ali pretpostavimo li da električna lokomotiva prevali mjesečno samo dvostruko od parne, to bi za određenu službu, uz inače iste uvjete za prenos materijala, bio potreban broj električnih lokomotiva za polovinu manji od broja parnih. Međutim, s obzirom na veće snage i brzine električnih lokomotiva i otpadanjem prevoza ugljena za lokomotive, taj odnos u najviše slučajeva ispada 1 : 2,8. U svakom slučaju odnos koštanja dvaju ekvivalentnih parkova lokomotiva stoji u odnosu 2 : 3,75 u korist električne lokomotive.

U ovom smislu rječito govori slučaj na španjolskoj pruzi Pajares—Rampe, koja spaja Madrid sa Oviedom i pristaništem Gyom. Na toj izvanredno teškoj pruzi, s velikim brojem tunela, postoji 50 km dugačak uspon od 20‰. Prije elektrifikacije održavalo je promet 30 parnih lokomotiva ukupne težine 2665 tona i ukupne snage 29 590 KS. Elektrifikacijom te su lokomotive zamijenjene sa 10 električnih, ukupne težine 1490 tona i ukupne snage 15 800 KS, iako je elektrifikacijom promet bio znatno porastao.

Slično je bilo i na pruzi Valparaiso—Santiago, 187 km dugačkoj, s usponima od 22,5‰, gdje je 1929 godine bilo zamijenjeno 110 parnih lokomotiva sa samo 39 električnih. Ili pak na ruskoj pruzi Baku—Batum, gdje je 15 električnih lokomotiva zamijenilo 40 parnih, i t. d.

Ako stvari tako stoje, onda je iluzorno govoriti o nižim nabavnim cijenama parnih lokomotiva, jer uza sve to transport kod parne vuče ispada osjetljivo skuplji. U Italiji n. pr. u poslovnoj godini 1939/40 koštalo je željezničku Upravu 1000 ton/km



Sl. 4. Unutrašnjost elektromotornih kola

virt. remork. na parnoj vuči prosječno 25,56 lira, a na električnoj 14,52 lira, što znači da je transport na električnim željeznicama bio za 43% jeftiniji od parnog.

Što se pak tiče u literaturi mnogo isticane ekonomičnosti lokomotive na pregrijanu paru, na kojoj se navodno prosječno uštedi do 12% ugljena i 20% vode; treba istaknuti, da su se te uštede mogle činiti uvijek samo kratko vrijeme poslije isporuke lokomotive iz fabrike ili poslije njezine generalne opravke, jer se obično odmah poslije toga pojave slabosti zaptivanja na čepu, razdjelniku i metalnim zaptivačima, čime se uštede znatno smanjuju ili se pak potpuno onemogućuju.

Uštede, koje se postizavaju elektrifikacijom vuče

Da bi se moglo učiniti ispravno uspoređenje u ekonomskom pogledu između parne i električne vuče na željeznicama, što je baš, s obzirom na velike investicije za elektrifikaciju, pri donošenju odluke od ogromne važnosti, iznijet ćemo pojedinačno sve uštede, koje se mogu postići elektrifikacijom.

1. *Uštede na težinama.* Već je u gornjim razmatranjima istaknuto, koliko se može bolje iskoristiti atheziona težina kod električne lokomotive i koliko zbog toga i otpadanjem mrtvog tereta (tender, ugljen, voda) ona može da bude lakša od parne.

U poslovnoj godini 1937/8 saobraćali su u Italiji vlakovi prosječne težine:

kod parne vuče . . . . 302,5 tona,
kod električne vuče . . . 437,5 tona.

2. *Veći kilometarski učin* (bolje iskorištenje lokomotiva). Već smo istakli veće brzine električnih lokomotiva i njihovu tako reći stalnu gotovost za rad, zbog česa one mogu da prevale dnevno znatno više kilometara od parne. Ali i mnogo rjeđe i mnogo kratkotrajnije opravke na električnoj lokomotivi čine da ona može prevaliti godišnje trostruko do četverostruko kilometara više nego parna. U Italiji n. pr. prosječno prevaljuje na dan:

parna lokomotiva . . . . . 103 km,
električna lokomotiva . . . 347 km,

računajući tu, naravno, i njezino bavljenje na opravkama.

Pripremni radovi na lokomotivi prije odlaska i poslije dolaska vlaka traju u Italiji prosječno:

na parnoj lokomotivi . . 130 minuta,
na električnoj lokomotivi . 15 minuta.

Prema tome se na električnoj lokomotivi utroši samo jedna devetina vremena potrebnog da bi se jedna parna lokomotiva pripremila za put.

3. *Uštede na održavanju lokomotiva.* Održavanje lokomotiva pretstavlja u željezničkom prometu prilično velik izdatak. U Italiji n. pr. trošilo se najprije za održavanje lokomotiva na 1000 brt/km virt. remork.:

kod parnih lokomotiva . . . 3,87 lira,
kod električnih lokomotiva . 1,5 lira.

U godini 1941 trošeno je za održavanje lokomotiva na 1000 brt/km v. r. radnih sati:

kod parnih lokomotiva prosječno 20 radnih sati,
kod električnih lokomotiva prosječno 12 radnih sati,

a za generalne opravke trošeno je na 1000 lok/km:

kod parnih lokomotiva prosječno 35 radnih sati,
kod električnih lokomotiva prosječno 15 radnih sati.

Prema službenom izvještaju Švedskih državnih željeznica trošeno je 1931 godine za održavanje lokomotiva prosječno na 1 lok/km kod parne vuče 0,221, a kod električne 0,108 švedskih kruna. Na pruzi Chicago—Milwaukee—St. Paul ušteda na održavanju električnih lokomotiva znatno je veća, jer se tu troši na održavanju za 1 lok/km kod parne vuče 0,248 a kod električne 0,092 dolara. Ušteda je dakle punih 63%. Napominjemo, da je na švedskim željeznicama sistem izmjenične struje, a na pruzi Ch.—M.—St.P. jednosmjerni 3 000 V.

4. *Uštede na mazivu.* Na švedskim državnim željeznicama trošilo se 1937 god. na 1000 lok/km za mazivo po 8.— šv. kruna na parnim, a 5.— šv. kruna na električnim lokomotivama. U Italiji trošilo se 1941 god. za mazivo kod parnih lokomotiva na 1000 brt/km v. r. 0,85 lira, a kod električnih na jednosmjernu struju samo 0,12 lira. Kod trofaznih lokomotiva potrošnja maziva je nešto veća.

5. *Uštede na osoblju.* Smanjenjem troškova za održavanje smanjuje se i broj radnika, potrebnih u radionicama. Kod električne vuče nisu potrebni



Sl. 5. Montaža kontaktne žice na pruzi Rijeka—Škrljevo

depoi lokomotiva onako česti kao ložionice kod parne vuče. Depoi se postavljaju na prosječno svakih 200 km pruge sa po 50 motornih vozila, a radionice za generalne opravke dovoljne su na 1200 do 1500 km pruge. Ove mogu da obave 120—150 generalnih opravki godišnje, što je potpuno dovoljno, jer električne lokomotive mogu prevaliti između dvije generalne opravke i do 400 000 km

Smanjenjem tipova lokomotiva na samo 2—3 i normaliziranjem njezinih dijelova održavanje postaje sve jednostavnije, a trajanje opravki sve kraće. Usporedimo li u Italiji 1930 sa godinom 1939, imamo što se tiče održavanja električnih i parnih lokomotiva ovu sliku:

U tim godinama nalazilo se stalno na opravkama od svih lokomotiva:

godine 1930 . . 15%; godine 1939 . . 11%;

zaposleno je bilo prosječno za jednu lokomotivu radnika:

godine 1930 . . 3,6%; godine 1939 . . 1,8%;

za prevaljenih 1000 km bilo je potrebno radnika:

godine 1930 . . 2,2%; godine 1939 . . 0,85%;

za 1 milion brton/km v. r. bilo je potrebno radnika:

godine 1930 . . 0,9%; godine 1939 . . 0,35%.

Dotjerivanjem dijelova i usavršavanjem tehničkog procesa opravka mogli su se postići takovi rezultati. Osim toga smanjenjem broja lokomotiva smanjuje se, prirodno, i broj potrebnog osoblja za njihovo rukovanje i upravljanje, pogotovo ako se uzme u obzir, da je za upravljanje električnom lokomotivom dovoljan samo jedan čovjek. Elektrifikacijom vuče otpadaju i mnogi radnici za manipulaciju ugljenom, održavanje vodnih stanica i t. d. Sve te uštede prilično su velike, i one se mijenjaju prema okolnostima. Tako je n. pr. na već spomenutoj pruzi Pajares—Rampe elektrifikacijom učinjena ušteda na osoblju čak do 63% prema parnom pogonu. Godine 1941 trošilo se za osoblje u Italiji na 1000 brton/km v. r., kod parne vuče 3,43, a kod električne 1,70 lira. Ti podaci dovoljno ubjedljivo govore u prilog električne vuče.

6. *Uštede na pogonskom materijalu.* Uštede, koje se elektrifikacijom mogu postići na pogonskom materijalu (ugljen, voda), osobito su značajne i obično tako velike, da već same one mogu da pruže siguran oslonac za brzu amortizaciju kapitala, uloženog za elektrifikaciju vuče. Uz normalne prilike na parnoj lokomotivi treba za jedan efektivan kWh na kvačilu lokomotive na otvorenoj pruzi utrošiti na roštilju lokomotive oko 17 000 kalorija. Uzmemo li u obzir potpalu, čekanja pod parom i rastur, možemo računati sa 20 000 kalorija za jedan efektivni kWh, što odgovara 4 kg normalnog ugljena (oko 5 000 kal). Kod električnih lokomotiva, napajanih električnom strujom iz velikih, stabilnih, kaloričnih centrala, u čijim se kotlovima kalorična moć ugljena iskorišćuje daleko povoljnije nego na lokomotivi, utroši se za jedan efektivan kWh na kvačilu lokomotive, računajući sve gubitke, oko 10 000 kalorija, odnosno 2 kg istog ugljena. Prema tome električnom lokomotivom ušteđujemo oko 50% uglja, bez obzira na to da lokomotive troše redovito bolji ugljen, dok električne centrale troše i onaj lošiji na licu mjesta, jer njegov loši kvalitet ne bi inače podnosio troškove transporta. Osim toga električna lokomotiva može da troši i jeftine vodene snage.

Iz godišnjih izvještaja talijanskih i francuskih željeznica vidimo, da parna lokomotiva troši 51 kg ugljena (od 7200 kal) na 1000 brton/km u horizontali i pravcu (virtualni ton-km) a električna 21 kWh (oko 25 kg).

Naša ugljena ležišta nisu prvorazredna, a nisu ni neiscrpna. Zato i mi treba da štedimo ugljen za one potrebe i pogone, gdje on ne može da bude zamijenjen s nekim drugim pogonskim materijalom ili sirovinom, a da što više koristimo vodene snage svuda gdje se one dadu racionalno iskoristiti.

Baš ta mogućnost upotrebe neiscrpnih vodenih snaga za pogon željeznica pretstavlja za narodno gospodarstvo kod nas nesumnjivo jednu od glavnih prednosti, koje pruža elektrifikacija željeznica.

Kada može da se isplati elektrifikacija?

Da bi se isplatila elektrifikacija vuče na jednoj pruzi, potrebno je da se sa uštedama, koje se time mogu postići u pogonu, mogu u određeno vrijeme amortizirati investicije, koje je trebalo učiniti za elektrifikaciju. Veličine tih ušteda zavisne su u prvom redu o cijenama pogonskog materijala t. j. ugljena odnosno električne energije, a u drugom redu o veličini prometa t. j. učinjenih tonskih kilometara. Prema tome kod određenih cijena pogonskog materijala postoji stanoviti minimum br. ton. km, kada električna vuča može da se isplati, odnosno da udovolji gore postavljenim uvjetima.

Ovdje ćemo pokušati da ispitamo valjanost elektrifikacije naše najteže željezničke pruge, one u Gorskom Kotaru na dionici Srpske Moravice—Rijeka, na kojoj se baš sada vrši elektrifikacija.

Na ovoj teškoj, brdskoj, 90 km dugačkoj pruzi sa dugim usponima od 25‰ i krivinama radiusa 275 m troši se danas za čistu vuču (bez manevarske službe) 166 kg ugljena na 1000 br. tonskih kilometara. Za isti učinak trošit će električna lokomotiva prosječno 70 kWh. Cijena ugljenu je 5.300.— dinara po toni, a električnoj energiji 6.— dinara po kWh.

Troškovi investicija po kilometru pruge bit će:

kontaktna mreža	10 000 000 Din.
električni razvodi u stanicama . .	1 500 000 Din,
trafo-stanice (na razmacima 35 km)	6 800 000 Din,
depoi i radionice	2 500 000 Din.
dalekovodi v. n.	3 000 000 Din,
Ukupno po kilometru:	23 800 000 Din.

Računamo li trajanje instalacija na 30 godina, bit će potrebno za amortizaciju godišnje 5%, t. j. 1 200 000 Din.

Za 1000 br. ton/km troši se 166 kg ugljena u iznosu od 880 Din.

Kod električne vuče trošit će se na primarnoj strani oko 70 kWh u iznosu od . . . . 420 Din, pa bi ušteda na 1000 br. ton/km bila . . 460 Din.

Da bi se, dakle, elektrifikacija isplatila, treba da bude najmanje: 1 200 000 : 460 = 2 600 br. ton/km u hiljadama, t. j. 2 600 000 br. tona na jednom kilometru.

Međutim, iz statistika vidimo, da se posljednjih godina na toj pruzi preveze godišnje 4 900 000 br. tona na kilometar, daleko više od traženog minimuma (2,6 miliona), što znači, da će godišnja isplata amortizacije moći biti umjesto 1,2 miliona 2,25 miliona po kilometru, t. j. 9,4% od uloženog kapitala umjesto 5%, koliko smo bili pretpostavili. Da smo u ovom računu bili uzeli u obzir i ostale uštede, koje se postizavaju elektrifikacijom (voda, mazivo, osoblje, održavanje lokomotiva), taj bi postotak bio oko 12%, a to znači, da bi se amortizacija izvršila u manje od 10 godina. Tačnim računima, a na osnovi 440 miliona br. tonskih kilometara, koliko se prosječno preveze na ovoj pruzi, dolazimo stvarno do zaključka, da će godišnja ušteda elektrifikacijom biti 12% od uloženog kapitala.

Skorim puštanjem u promet eletkrične željeznice na dijelu pruge Srpske Moravice—Rijeka ispoljit će se u punom smislu praktičnost i ekonomičnost električne vuče; dovoljno je istaknuti, da će ova pruga biti snabdijevana električnom strujom iz hidroelektričnih centrala i time staviti na raspoloženje industriji i drugim potrebama zemlje svih 75 000 tona ugljena godišnje koje j ona dotada trošila, te time dati podstreka za daljnje radove te vrste u našoj zemlji.

OPREMA VELIKIH CESTOVNIH TUNELA

Ing. **Juraj Šiprak**, Zagreb

Sve ono što je potrebno dati tunelu, t. j. gotovoj probijenoj cijevi, da bi u potpunosti mogao odgovarati zahtjevima, koji se na njega postavljaju, osim onih osnovnih tehničkih zahtjeva, koji se postavljaju za svaku podzemnu građevinu, zovemo oprema tunela.

Ima tunela koji s obzirom na njihovu namjenu, profil te ostale okolnosti, koje se mijenjaju od slučaja do slučaja, ne zahtijevaju nikakovu opremu. Nakon što je osnovni tunel završen t. j. izbijen u punom profilu i obzidan, ne treba više izvoditi nikakove radove, pa se tunel može predati upotrebi. To je slučaj prevenstveno kod saobraćajnih tunela, i to željezničkih u prvom redu, a zatim i kod cestovnih manje dužine. Međutim, kod dužih cestovnih tunela nailazimo na mnogobrojne probleme njihove opreme, o čijem dobrom i ispravnom rješenju zavisi funkcioniranje, pa i mogućnost upotrebe građevine.

Glavni elementi opreme cestovnih tunela bili bi: ventilacija, osvjetljenje, akustika, uređaji za udobnost, uređaji za sigurnost prometa i t. d.

Razvitak saobraćaja na željeznicama uvjetovao je, da su se daleko prije počeli graditi veliki željeznički tuneli, dužine i do 20 km. Istom nagli i veliki razvitak automobilskog saobraćaja u ovome vijeku doveo je do početaka izgradnje velikih tunela za cestovni promet. Potreba za izgradnjom takovih tunela osjetila se prvenstveno u blizini velikih gradova ili u njima samima, i to zbog provođenja prometa ispod velikih rijeka ili ispod morskih zaliva, koji su rastavljali pojedine dijelove grada. Ti problemi rješavali su se izgradnjom mostova, no na mnogim mjestima se mostom nije mogao problem riješiti, i to poradi potrebe prometa na rijeci ili moru, teškog fundiranja, izgrađenosti okoliša i t. sl.

Mi se danas još uvijek nalazimo u fazi izgradnje velikih tunela za potrebe ogromnog prometa u velikim gradovima, a još se uvijek oprezno ispituju mogućnosti izgradnje velikih automobilskih tunela na otvorenim potezima cesta. Postoji cio niz projekata za velike cestovne tunele ispod planina ili morskih tjesnaca, no oni nisu do danas došli do realizacije s jedne strane zbog velikog koštanja izgradnje takovih tunela, a s druge strane upravo radi neriješenih pitanja oko opreme samih tunela.

Prvi veliki naš cestovni tunel, kod kojega će biti potrebno pozabaviti se problemima opreme, zagrebački je tunel kroz Medvednicu.

Prilikom projektiranja i gradnje, a poslije kod same eksploatacije velikih cestovnih tunela u inostranstvu, došlo se ispitivanjem na eksperimentalnoj i teoretskoj bazi do veoma važnih i značajnih rezultata, na kojima se mogu bazirati daljnje studije i istraživanja u pitanju opreme cestovnih tunela. Ti su radovi većinom posve novi i pojedini problemi oko opreme cestovnih tunela nalaze se još uvijek u proučavanju, i zato je potrebno kod izgradnje svakog novog objekta zasebno proučavati sve te probleme, uzimajući kao osnovu iskustva stečena na ranije izvedenim objektima.

To naročito vrijedi kod objekata koji imaju dužinu kakova se dosada nije još izvodila, kao na pr. kod našega tunela kroz Medvednicu. Kod većih dužina tunela, dakle kod težih uslova, mnogi problemi postavljaju se u drugom svijetlu i nameće se potreba; da se oni i drugačije rješavaju nego kod dosada izvedenih objekata.

Ovdje ćemo obraditi probleme, koji se pojavljuju kod tunela za motorni saobraćaj.

Ventilacija.

Ventilacija je prvi problem, koji se postavlja kod opreme cestovnih tunela. Pri tome treba odmah naglasiti razliku u izvedbi ventilacije za cestovne i željezničke tunele. Iako su dosada željeznički tuneli po svojoj dužini daleko veći nego li cestovni, kod njih se taj problem ne postavlja tako oštro kao kod cestovnih tunela, s obzirom na

to što i lokomotiva na parnu vuču istina zadimi i zagadi zrak u tunelu, ali samoj lokomotivi nije potreban svježi zrak u onoj mjeri, kao što je potreban automobilu. Pored toga se elektrifikacijom taj problem kod željezničkog tunela rješava sam od sebe. Kod cestovnih tunela je međutim stvar teža. Automobil proizvodi ugljični dioksid, koji je otrovan za ljudski organizam čim se pojavljuje u jačoj koncentraciji, pa je prema tome pitanje ventilacije kod cestovnih tunela daleko osjetljivije i važnije nego kod željezničkih.

Osim toga treba voditi brigu i o mogućnosti prometnih nesreća u tunelu, gdje vozači i putnici mogu biti primorani na duži boravak, ako i nije sam tunel predviđen i za pješački saobraćaj, te o osoblju, koje je zaposleno oko pogona tunela, i koje se po svojoj dužnosti mora često nalaziti u tunelu.

Kod dužih cestovnih tunela potrebna je dakle stalna ventilacija t. j. stalan dovod svježeg zraka, da bi se mogla koncentracija otrovnih plinova stalno održavati no nivou koji nije opasan po ljudsko zdravlje.

U osnovi postoje dva sistema ventilacije, i to prirodni i umjetni. Koji ćemo od ta dva sistema odabrati, zavisi o raznim faktorima, kao što su: intenzitet prometa, veličina tunelskog profita, dužina tunela, meteorološki uvjeti, nagib i smjer tunela i t. d.

Općenito se može smatrati, da se kod povoljnih uvjeta tunel dužine 1 000 do 1 200 m može provjetravati prirodnim načinom. U daljem izlaganju govorit ćemo samo o načinu i sistemima kod umjetne ventilacije.

Svaka umjetna ventilacija treba da ispunjava ove uvjete:

1) da stalno dovodi u tunel izvjesnu određenu količinu svježeg zraka,

2) treba omogućiti, da taj svježi zrak dopre jednomjerno u sve dijelove tunela, bez obzira na to, koliko vanjska atmosfera utječe na cirkulaciju zraka u tunelu.

Prilikom izgaranja pogonskog goriva u automobilskim motorima stvara se ugljikov dioksid. Količina ugljikovog dioksida koja nastaje prilikom izgaranja proporcionalna je količini izgorenog pogonskog goriva. U procesu izgaranja pogonskog goriva i hlađenja plinova nakon izlaska iz motora prilično je konstantan volumen ugljikovog dioksida s obzirom na jedinicu količine izgorenog pogonskog goriva.

Prilikom gradnje prvog velikog cestovnog tunela u New Yorku, Holland tunela, vršena su vrlo opsežna i precizna ispitivanja, pa je ustanovljeno, da se po litri pogonskog goriva stvara oko 500 litara ugljičnog dioksida. Nadalje je ustanovljeno, da jedan putnički automobil proizvodi u minuti oko 28 litara, a teretni automobil oko 70 litara ugljičnog dioksida, pri brzini od 16 km/sat.

Kod eksploatacije velikih cestovnih tunela ustanovilo se, da su ove količine prevelike i da ne odgovaraju stvarnosti. Stvarne količine su tek $^2/_3$ onih, koje su ustanovljene pokusima kod Holland tunela. To je i razumljivo, jer su tipovi tadanjih automobila (pokusi su vršeni 1922 god.) i motora za današnje prilike stari i nesavršeni, a i tadanja prometna brzina od 16 km/sat ne odgovara nikako današnjim brzinama, koje se postižu na autoputevima, pa i na ulicama velikih gradova. Kod proračunavanja količine zraka, koju treba dovesti u velike cestovne tunele, gornji podaci uzimaju se kao osnovni.

Prilikom pokusnih ispitivanja kod Holland tunela ustanovilo se nadalje, da je maksimalna količina ugljičnog dioksida, koja još nije opasna za ljudsko zdravlje 0,4‰. U eksploataciji velikih cestovnih tunela ustanovilo se međutim, da je ta količina prevelika i da se tolika koncentracija ugljikovog dioksida ne može tolerirati ne zbog opasnosti po zdravlje, nego zato što čini smetnje vozačima i putnicima. Tolika količina smanjuje kod vozača mogućnost koncentracije i povećava njegov umor, a to može lako dovesti do prometne nesreće. Istraživanjima kod već izvedenih tunela ustanovljeno je, da bi se najviše mogla još tolerirati koncentracija od 0,25‰ ugljikovog dioksida. Kao posve neopasna može se smatrati količina od 0,2‰.

No nije u pitanju samo koncentracija ugljikovog dioksida, koju treba razblažiti u tolikoj mjeri, da ne će biti opasna po ljudsko zdravlje, ni po sigurnost prometa zbog utjecaja na psihu vozača. Prilikom izgaranja ulja u motornim vozilima stvara se dim i para, koja ne samo da smeta disanju, nego oslabljuje i vidik u tunelu. To naročito dolazi do izražaja kod dugih brdskih tunela, gdje je doduše promet motornim vozilima daleko manji nego kod tunela u velikim gradovima, ali taj dim treba odstraniti radi vidljivosti. U koliko je kod takovih tunela potreban mnogo manji intenzitet ventilacije zbog odstranjenja ugljikovog dioksida, za odstranjenje dima potrebna je intenzivnija ventilacija, kako bi se u tunelu dobila potrebna vidljivost.

Da bi se uz ranije navedene podatke mogla ustanoviti potrebna količina svježeg zraka, treba ustanoviti predviđenu količinu motornih vozila, koji će saobraćati u tunelu. Broj vozila, koja će se istovremeno nalaziti u tunelu, proporcionalan je dužini tunela, no pri tome valja računati sa istom brzinom vozila, koju smo uzeli prilikom određivanja količine ugljičnog dioksida, što je motor pri toj brzini proizvodi.

Kada su svi ti podaci poznati, može se jednostavnim računom dobiti količina zraka, koju treba dovoditi u tunel, a da koncentracija ugljikovog oksida ne pređe dopuštenu granicu.

Time bi bio ispunjen onaj prvi osnovni uvjet, koji se postavlja za dobru i ispravnu ventilaciju, no time smo dobili samo globalnu količinu zraka, koju je potrebno dovoditi. Da bi se zaista omogućila dobra ventilacija, treba da je ispunjen i onaj drugi uvjet, t. j. da se izvede takav sistem ventilacije,

koji će omogućiti da svježi zrak dopre u svaki dio tunela, kako koncentracija plinova ne bi ni na jednom mjestu u tunelu premašila dopuštenu granicu. To treba da je provedeno tako, da nije moguće da ikakovi vanjski atmosferski utjecaji ometaju tu distribuciju svježeg zraka. Prema tome, sistem mora biti sposoban da ispravno funkcionira pod različitim atmosferskim prilikama.

Nije potrebno, da sistem uvijek djeluje s maksimalnim kapacitetom. U izvjesnim periodama svakako će biti potrebno da pogon djeluje s maksimalnim kapacitetom, no sistem treba da je takav, da se može akomodirati potrebama dovođenja svježeg zraka prema veličini prometa i trenutnoj koncentraciji ugljikovog dioksida u tunelu. Neprekidno puni pogon maksimalnim kapacitetom ne samo da je nepotreban, nego je i neekonomičan.

Najmoderniji način reguliranja ventilacije sastoji se u tome, da se u tunelu instaliraju fotoelektrične ćelije, koje vrše brojanje saobraćaja i s pomoću njih se automatski regulira intenzitet ventilacije, prema broju automobila, dakle prema količini proizvedenog plina.

Zbog trenja mlaza zraka o stijene galerije i cijevi nastaju izvjesni gubici u intenzitetu cirkulacije. Veličina tih gubitaka proporcionalna je dužini galerije i cijevi i brzini mlaza zraka. Osim toga, na prelomima cijevi, koje dovode svježi zrak iz galerije u tunel, nastaje turbulentno gibanje zraka, od kojeg nastaju također gubici u intenzitetu cirkulacije.

Pri proučavanju ovih problema kod gradnje velikih cestovnih tunela došlo se do zaključka: da potreba na intenzitetu zračenja raste sa četvrtom potencijom dužine tunela.

Vidi se, da potrebna veličina intenziteta cirkulacije, a prema tome i težina ispravnog rješenja ventilacije, vrlo brzo raste s povećanjem dužine tunela. Prema tome postoji izvjesna granica u dužini tunela, kod koje je još moguće i opravdano iz tehničkih i ekonomskih razloga instalirati potrebna postrojenja za pročišćavanje zraka u tunelu.

Postoji cio niz projekata za velike cestovne tunele, i to podvodne i brdske, koji su vrlo velikih dužina. Do njihove realizacije nije došlo u prvom redu zbog ogromnih troškova izvedbe, ali i zato, jer do danas nije još riješeno pitanje mogućnosti ventilacije.

Kod postojećih cestovnih tunela, koji su mahom dužine do 3 km, potrebne su ogromne količine svježega zraka za provjetravanje. Kao primjer navest ćemo Holland tunel u New Yorku, gdje je potrebno da se ventilacijom izmijeni cijela količina zraka u tunelu 45 puta na sat, a kod tunela u Liverpoolu (ispod Merceya) 14 puta na sat.

Sada treba naročito ukazati na svu težinu rješenja problema ventilacije, jer je poznato, da je naš zagrebački tunel ispod Medvjednice dugačak cca 5,5 km, pa prema tome spada u najduže cestovne tunele na svijetu. Istina je, da se u njemu ne može očekivati neki veći saobraćaj, ali već zbog prolaza tramwaja i automobila kroz njega, poradi odstranjenja dima i pare, a sve to kod velike dužine, bit će potrebno njegovoj ventilaciji posvetiti izuzetnu pažnju. Zbog njegove specifičnosti treba izvršiti vrlo opsežne prethodne studije, pokuse i t. d., da bi se moglo doći do ispravnog rješenja.

Postoje razni sistemi ventilacije, koje možemo razdijeliti u tri glavne grupe:

1. uzdužna ventilacija, gdje je mlaz zraka paralelan osi tunela.

2. poprečna ventilacija, gdje je strujanje zraka poprečno na os tunela.

3. kombinirani način, gdje strujanje ide jednim dijelom paralelno osi tunela, a drugim dijelom poprečno.

Sistem uzdužne ventilacije (sl. 1)

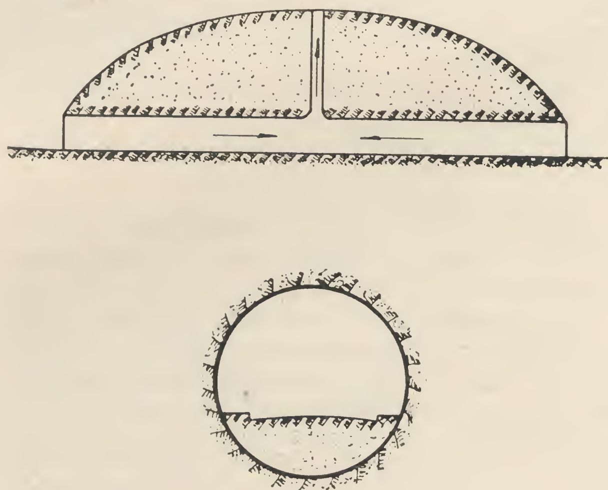
Taj je sistem najjednostavniji i najprirodniji, jer je cio tunelski profil ispunjen mlazom svježega zraka, koji tjera i potiskuje pokvareni zrak.

Ovo principjelno rješenje može se izvesti na više načina:

a) kroz vertikalni rov se svježi zrak potiskuje u tunel, a pokvareni izlazi na ulaze u tunel,

b) kroz vertikalni rov se siše pokvareni zrak, a svježi ulazi na otvore tunela,

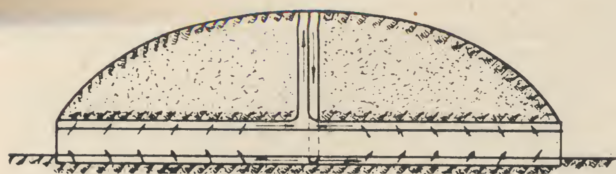
c) kroz više vertikalnih rovova se ili svježi zrak potiskuje, ili pokvareni siše.



Sl. 1.

To su normalni načini provjetravanja velikih željezničkih tunela (osim prirodnog načina). Usprkos svoje jednostavnosti i ekonomičnosti, taj se sistem ne može upotrebiti kod duljih cestovnih tunela s jakim saobraćajem, jer ne odgovara uslovima, koji se postavljaju na ventilaciju takovih tunela. Tim sistemom ne može se osigurati jednomjeran dovod zraka u sve dijelove tunela, a osim toga takav je sistem zavisan o atmosferskim utjecajima na ulazima u tunel. On uglavnom odgovara za željezničke tunele.

Sistem poprečne ventilacije (sl. 2)





Sl. 2.

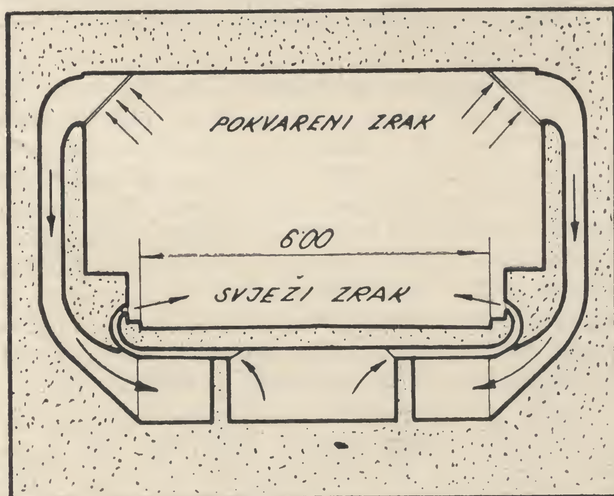
Taj sistem se najradije upotrebljava kod velikih cestovnih tunela. Upotrebljen je kod prvog velikog cestovnog tunela Holland u New Yorku, zatim u San Franciscu, Bostonu, Anversu, Rotterdamu, Lyonu i t. d., dakle kod svih velikih cestovnih tunela, koji su do danas izgrađeni.

Prednost je toga načina ventilacije, što svježi zrak dolazi u sve dijelove tunela jednomjerno, i to prvenstveno u one dijelove, gdje je on najpotrebniji, t.j. u donje, a koncentracija pokvarenog zraka je najveća na vrhu tunelskog profila, gdje on nije škodljiv.

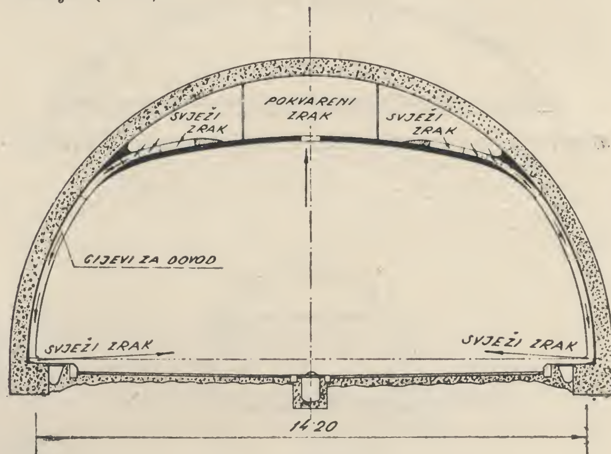
Kod toga sistema potrebne su dvije galerije: jednom se dovodi svježi zrak, drugom se odvodi pokvareni.

Vrijedi skoro kao pravilo, da se svježi zrak dovodi u donji dio tunela, a pokvareni odvodi u gornjem dijelu. Ima međutim autora, koji preporučuju obratan sistem. Oni stoje na principu, da pokvareni zrak treba odvoditi što prije, dakle na mjestu gdje on nastaje, t. j. u donjem dijelu tunela. Prema tome bi sistem ventilacije bio takav, da bi se pokvareni zrak sisao iz donjeg dijela tunela, a svježi dovodio u gornji dio. Takav sistem ima međutim svoju očiglednu manu. Ugljični dioksid je lakši od zraka, pa se on odmah nakon stvaranja diže prema gornjem dijelu tunela, a po tom sistemu on se crpe iz donjeg dijela.

Iznimku čini ventilacija kod tunela u Rotterdamu, gdje su iz specifičnih razloga obje galerije smještene dolje (sl. 3). Ventilacija za Lyonski tunel izvedena je potpuno po sistemu poprečne ventilacije (sl. 4).

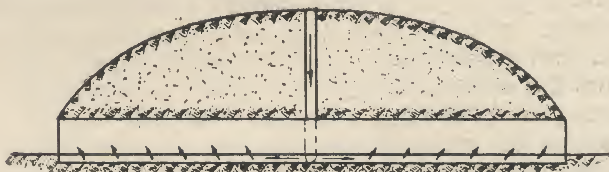


Sl. 3.



Sl. 4.

Kao što se vidi, kod ovoga sistema treba izvesti t. zv. lažni strop i na njemu pregrade za odvajanje svježeg zraka od pokvarenoga, te cijevi za dovod svježeg zraka iz gornjeg u donji dio tunela. Takav način ventilacije potpuno isključuje vanjske atmosferske utjecaje, a po volji se može regulirati intenzitet dovoda svježeg zraka. No izvedba toga sistema je mnogo skuplja nego li izvedba sistema uzdužne ventilacije, jer treba izgraditi strop, galerije, dovodne cijevi i t. d. Broj vertikalnih rovova za dovod i odvod zraka ovisi o dužini tunela,





Sl. 5

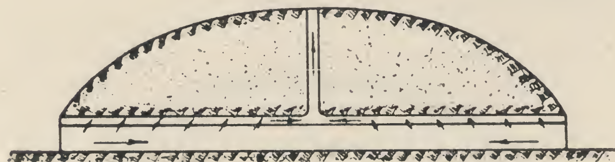
pa u slučaju veće dužine treba tunel podijeliti uzdužno na pojedine sekcije, od kojih svaka ima svoju ventilatorsku stanicu.

Sistem kombinirane ventilacije (sl. 5 i 6)

Kod ovoga sistema razlikujemo dvije varijante:

a) kombinirana ventilacija sa utjerivanjem svježega zraka,

b) kombinirana ventilacija sa sisanjem pokvarenoga zraka.



Sl. 6

Prva varijanta sliči na ranije opisani način uzdužne ventilacije, no s tom razlikom, da se pokvareni zrak tjera s pomoću struje svježega zraka prema izlazima iz tunela, a struja svježega zraka dolazi iz cijevi na dnu tunela. Dobra je strana toga sistema, što je osiguran dovod svježega zraka u sve dijelove tunela, ali joj je nedostatak, što je omogućeno da atmosferske prilike utječu na sistem ventilacije. Zbog toga može doći do veće koncentracije plinova nego što je dopušteno.

Druga varijanta je u stvari obrnuti sistem prema prvoj, jer se kroz cijevi i galerije siše pokvareni zrak, a svježi ulazi na otvore tunela. Već na prvi pogled vide se bitne razlike u djelovanju ova dva sistema. Dok je kod prve varijante osiguran pristup svježeg zraka u svaki dio tunela, u drugoj je varijanti osiguran odvod pokvarenog zraka, no nije osiguran dovod svježeg zraka u sve dijelove tunela. Zbog atmosferskih prilika može se dogoditi da neće biti dovoljan pritok svježeg zraka, pa može nastati takovo stanje, da je u sredini tunela zrak jače zatrovan nego na otvorima.

Taj sistem može se primjeniti kod kraćih tunela, gdje ne postoji mogućnost jačeg trovanja zraka u tunelu, jer je promet motornim vozilima malen, a ventilacija je ipak potrebna, već radi uklanjanja dima i pare, dok su atmosferske prilike na otvorima tunela takove, da se ne može očekivati, da će one nepovoljno djelovati na funkcioniranje ventilacije.

Da bi se u konkretnom slučaju moglo odlučiti, koji će se sistem ventilacije primijeniti, treba ispitati, kako pojedini sistem odgovara u konkretnom slučaju ovim uvjetima:

a) mogućnost jednoličnog dovoda svježeg zraka i odvoda pokvarenog zraka u svim dijelovima tunela,

b) prednost pojedinog sistema u slučaju požara ili nesreće u tunelu,

c) koštanje ventilacije i unutrašnjih uređaja.

To su osnovna pitanja, koja se postavljaju kod izvedbe cestovnih tunela s jakim motornim saobraćajem, no ograničene dužine. Kod dužih tunela, kakovi još nisu izvedeni, a nalaze se u projektu, kao na pr. tunel ispod kanala La Manche, tunel ispod morskog tjesnaca kod Gibraltara, pa i kod našeg tunela ispod Medvednice, pitanje ventilacije se znatno komplicira. Uslijed velike dužine znatno je otežana mogućnost dovoda i odvoda zraka, pa je izvedba veoma skupa. Za svaki takav slučaj treba provesti opsežne studije i na osnovu njih se odlučiti o sistemu ventilacije.

Što se tiče sigurnosti putnika i osoba, koje se zadržavaju u tunelu, najsigurniji je sistem poprečne ventilacije i kombinirane sa dovodom svježega zraka, jer one osiguravaju konstantan dovod u sve dijelove tunela.

U pogledu odnosa sistema ventilacije prema požaru ili nesreći u tunelu, treba razmotriti, koji će sistem bolje odgovarati za vrijeme požara, kao i nakon njega, kada je zrak ispunjen dimom i plinovima. Jasno je, da će najbolje odgovarati sistem, gdje se dovod zraka nalazi u pojedinim točkama uzduž tunela, a to je slučaj kod sistema poprečne ventilacije.

Što se tiče koštanja ventilacije, očigledno je, da je najjeftiniji sistem uzdužne ventilacije, a sistem poprečne ventilacije da je najskuplji, jer su instalacije kod njega velike, a unutarnji uređaji mnogobrojni i komplicirani. Kod proračuna koštanja treba uzeti u obzir i koštanje pogona, koje zavisi o broju ventilatorskih stanica i potrebnom intenzitetu zračenja.

Sa obzirom na veoma skupu izvedbu poprečne ventilacije, treba da se realno ocijeni veličina prometa, da se ne bi izvela ventilacija, koja je s obzirom na promet i prilike preskupa, i koja može ekonomski da upropasti cio objekt. Kod tunela srednje dužine i s malim saobraćajem vjerojatno će dostajati sistem uzdužne ventilacije. Iskustva stečena kod velikih tunela ispod rijeka i mora, a koji se mahom nalaze u velikim gradovima s ogromnim saobraćajem, treba oprezno primjenjivati na gorske tunele na otvorenim potezima cesta.

Svaki sistem umjetne ventilacije zahtijeva izvedbu ventilatorskih stanica, koje mogu biti smještene nadzemno ili podzemno. To su velike građevine, u kojima su smješteni ventilatorski uređaji, kao i ostali uređaji potrebni za pogon tunela.

Akustika.

Drugi je problem, s kojim se susrećemo kod opreme cestovnih tunela, akustika. Motorna vozila proizvode u tunelu vrlo jaku buku. To je naročito osjetljivo pitanje kod tunela, u kojima je dopušten prolaz i pješacima. Na postojećim cestovnim tunelima studiran je taj problem, no do danas se nije došlo do rješenja, koje bi efikasno uklonilo buku iz tunela.

Pod udarom zvučnih valova tunel radi kao zvučna cijev. Priroda i intenzitet buke su djelomično nezavisni od izvora buke, t. j. od prirode sredstava, koje ju proizvodi i od njegove pozicije. Uslijed akustike imamo dakle znatno povećanje buke, i njeno nestajanje s povećanjem daljine.

Postavlja se pitanje, na koji se način mogu ovi zvučni valovi uništiti. Jasno je, da se mora nastojati, da se ti valovi unište ondje gdje se oni reflektiraju, t. j. na oblozi. Da bi mogla zvučne valove absorbirati i uništiti, obloga bi morala biti što više neravna i hrapava. No takova se obloga ne može izvesti u automobilskim tunelima, jer bi s jedne strane vrlo ometala osvjetljenje, a s druge strane činila bi veoma loš estetski dojam. Iz tih razloga ta se neravna obloga pokriva još jednim plaštem, a između ove dvije obloge ostavlja se prostor, u kojem bi se trebali razbijati valovi zvuka. Da bi ti valovi mogli dopirati do unutarnje neravne obloge, u vanjskoj se ostavljaju otvori. Jasno je da se takovim sistemom ne mogu uništiti svi zvučni valovi, jer samo njihov manji dio ulazi u otvore, a većina ih se ipak reflektira o vanjsku glatku oblogu. Na takav način izveden je najnoviji tunel za automobilski saobraćaj u Lyonu.

Pitanje akustike u tunelima i odstranjenje buke nije još riješeno. Kod svakog većeg tunela treba izvršiti specijalna ispitivanja i probe na modelima, kako bi se buka mogla zaista svesti na najmanju mjeru.

Osvjetljenje.

Osvjetljenje cestovnih tunela predstavlja jedan od važnih dijelova opreme cestovnih tunela. Prelaz iz jake danje svjetlosti u mračni prostor tunela predstavlja jedan od glavnih problema osvjetljenja, jer se uslijed brzine cestovnih vozila oko ne može dovoljno brzo akomodirati na promjenu intenziteta osvjetljenja, pa postoji kratak period, u kojemu vozač postaje »slijep«. Taj moment je kritičan, jer može da dovede i do težih saobraćajnih nesreća.

Osim toga, ljudi se uopće ne osjećaju udobno u tunelu, i to u prvom redu zbog slabog osvjetljenja. Zato treba da se intenzitetom, razmještajem i bojom osvjetljenja stvori u tunelu takovo stanje, da prolaznik ne osjeti veliku razliku između danjeg svijetla i mračnog tunela.

Na ulazima se miješa danje svijetlo sa nutarnjom umjetnom rasvjetom, i taj dio treba sa stanovišta osvjetljenja naročito obraditi. Dužina dijela tunela, gdje se te svjetlosti miješaju, zavisi o veličini profila tunela, o terenskim uvjetima u okolini ulaza i izlaza, te o rješenju portala. Pitanje oblikovanja portala naročito je važno kod kraćih tunela, gdje se ispravnim rješenjem portala svijetlo može dovesti dublje u tunel i na taj način event. eliminirati upotreba umjetne rasvjete. U tom je i osnovna razlika između potrebnog oblika portala kod željezničkih i cestovnih tunela. Dok željeznički tunel može imati dugačak i visok predusjek, ulaz u tunel u zatvorenoj i dubokoj dolini, a portal izveden u bilo kojemu obliku, koji će zadovoljiti tehničke uvjete, kod cestovnih tunela treba prilikom rješavanja portala, pa već i prilikom izbora ulaza u tunel, voditi računa o mogućnostima, da danje svijetlo dopre što dublje u tunel. Prema tome za cestovne tunele ne odgovaraju dugački i visoki predusjeci, krila portala paralelno s osi tu-



Sl. 7. Portal tunela u Marseillu

nela i t. d. Osim toga treba naročitu pažnju posvetiti estetskom izgledu portala i uređenju njegov okoline.

Na dijelu gdje se miješa danja svjetlost i umjetna, treba umjetnu što više pojačati, da prelaz u intenzitetu osvjetljenja bude što više kontinuiran. Prema iskustvima i ispitivanjima u Švicarskoj, intenzitet umjetnog osvjetljenja na ulazima treba pojačati za cca 75%.

To dodatno osvjetljenje na ulazima noću se trne. Kod velikih gradskih tunela s jakim saobraćajem ugrađene su u tunel fotoelektrične ćelije, koje mjere intenzitet svjetlosti, pa se na taj način to dodatno osvjetljenje automatski pali i trne, već prema intenzitetu vanjske svijetlosti.

Prema iskustvima na već izvedenim tunelima ustanovilo se, da je za nutarnje osvjetljenje najprikladnija fluorescentna rasvjeta, koja je smještena u visini od cca 4,2 m iznad kolnika, a na razmaku od cca 15 m, postavljena izmjenično lijevo i desno.

Da bi se dobila jednolična rasvjeta, obloga se izvodi u svijetloj boji. Kod tunela za samo jednosmjernu vožnju, izvor svijetla se postavlja tako, da desni rubnjak baca oštru sjenu, koja daje vozaču mogućnost da ocijeni udaljenost do ruba, i omogućava mu da vozi što više desnom stranom, kako bi lijeva ostala slobodna za pretjecanje.

Kod malih tunela sa niskim nadslojem ili na mjestima, gdje se bez većih radova može sa strane otvoriti usjek, t. j. gdje bočni sloj nije velik, najbolje je da se vanjsko osvjetljenje dovede ili vertikalnim rovom ili da se sa strane naprave otvori, te se jedan dio tunela na taj način izvede u obliku galerije. Na taj se način može znatno uštedjeti na troškovima pogona tunela, jer umjetna rasvjeta nije potrebna.

Ostale instalacije.

Osim već opisanih glavnih elemenata opreme cestovnih tunela potrebne su još izvjesne instalacije, koje omogućuju njegovo ispravno funkcioniranje.

Za kontrolu veličine saobraćaja ugrađuju se fotoelektrične ćelije, a za kontrolu koncentracije ugljikovog dioksida posebni aparati, s pomoću kojih se automatski ili poluautomatski regulira intenzitet ventilacije. Osim toga ugrađuju se aparati, koji mjere vidljivost u tunelu (s obzirom na dim i paru) i koji također reguliraju ventilaciju.

Kod gradskih tunela ugrađuju se telefoni na svakih 200 do 250 m. Osim toga treba ugraditi signale, s pomoću kojih se može obustaviti saobraćaj u slučaju nesreće u tunelu. Zbog mogućnosti gašenja požara ugrađuju se u tunel hidranti i aparati za gašenje.

Sve su te instalacije skupe i komplicirane, ali za pravilno funkcioniranje tunela potrebne.

Zaključak.

Kao što se iz prednjega vidi, elementi opreme cestovnih tunela su veoma mnogobrojni i komplicirani, njihovo je rješenje teško, a izvedba skupa. Željeznički tunel je u stvari gotov kada je gotova tunelska cijev. Kod cestovnog tunela treba, naprotiv, nakon izgradnje cijevi ugraditi mnogobrojne i skupe instalacije.

Ispravno rješenje opreme cestovnih tunela zahtijeva dugotrajne i iscrpne studije, pokuse na modelima i detaljnu teoretsku razradu svakog problema zasebno. Pri tome treba naglasiti, da ti problemi, koje treba prethodno riješiti, nisu samo iz oblasti građevinarstva. Problemi opreme obuhvaćaju fiziku, kemiju, elektrostrojarstvo i t. d., no ipak je građevinar onaj, koji treba da ujedinjuje sve te napore oko rješavanja raznih problema. Studije, koje su vršene kod velikih tunela u inostranstvu, kao i rezultati koji su dobiveni, daju osnovicu za njihovo daljnje usavršavanje.

TLAK VJETRA NA CILINDRIČNE PREDMETE

Ing. **Nikola Pauković**, Zagreb

Odredbe Privremenih tehničkih propisa o računanju tlaka vjetra na konstrukcije, osobito na okrugle, često se pogrešno interpretiraju. Tamo stoji ovo: »Kod objekata cilindrične površine (rezervoari, kule i dr.) ublažuje se cjelokupno djelovanje vjetra na $^2/_3 = 0{,}67$«, i dalje: »Kod žica i sličnih tankih elemenata (promjera do 5 cm) kod kojih je moguće zaleđivanje, djelovanje vjetra treba pomnožiti s faktorom 1,2«, te konačno: »Pojedini sastavni elementi građevine moraju se računati na djelovanje vjetra, koje može biti pritiskujuće ili sišuće, ili kombinirano od jednog i drugog učinka«. Uvodi se faktor 0,8 i 0,4 ukupno 1,2, za površine okomite na pravac strujanja, dok se djelovanje na cjelokupnu zgradu uzima s faktorom 1.

Većina konstruktera smatra prema tome, da se tlak vjetra na cilindre umanjuje na $^2/_3$ po propisu, odnosno na žice povećava zbog zaleđivanja na 1,2 veličine određene vertikalnom projekcijom građevine i t. d.

Te nejasnosti pokušavam razjasniti ukazivanjem na više ili manje poznate činjenice i rezultate istraživanja strujanja. Giba li se brzinom v mlaz ili struja neke idealne tekućine (plin ili kapljevina bez unutarnjeg trenja) stalnog volumena, koja stoji pod pritiskom p i ima gustoću γ, te udari u neku veliku ravnu plohu, to taj mlaz promijeni

oblik, smjer i brzinu. To znači da ploha djeluje na mlaz nekom silom, koja ga deformira. Nasuprot tomu djeluje i mlaz na plohu isto tolikom silom, koja ima veličinu:

$$N = \xi . \gamma . F . \frac{v^2}{2g}$$

Djeluje li pak spomenuta struja tekućine brzinom v na određeno tijelo ograničenih dimenzija, presjeka F, koje je u nju uronjeno, opažaju se ove pojave: Dok tijela nema, strujnice tekućine teku paralelno. Kad se tijelo uroni u struju, strujnice se moraju otkloniti iz tog prvobitnog smjera i obilaziti tijelo. Za otklanjanje strujnica potrebne su neke sile. Na prednjoj strani tijela uzdigne se tekućina za h_1, a na stražnjoj spusti za h_2, što znači prema mirnom stanju, da se na prednjoj strani tlak povećava za veličinu P_1, a na stražnjoj umanji za P_2. To nastaje iz uvjeta kontinuiteta medija, te k djelovanju na strani izloženoj protiv strujanja pridolazi djelovanje na stražnjoj strani, gdje nastaje sisanje. Oba djelovanja djeluju u istom smjeru, pa se zbrajaju. Cjelokupna je sila u smjeru strujanja:

$$T = P_1 + P_2;$$

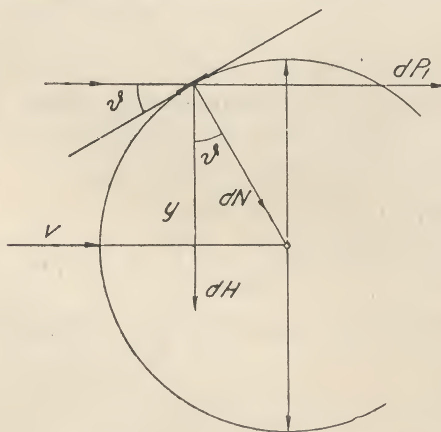
$$P_1 = \xi_1 . \gamma . F . \frac{v^2}{2g},$$

$$P_2 = \xi_2 . \gamma . F . \frac{v^2}{2g};$$

ξ = koeficijent ovisan o obliku tijela,

$$T = \xi . \gamma . F . \frac{v^2}{2g}.$$

Ako je ploha uronjenog tijela cilindrična s polumjerom r i visinom h, elemenat plohe $dF = d\,s\,h$ s koordinatama x i y (Sl. 1.) nagnut je prema smjeru



Sl. 1

brzine za ϑ, pa je

$$dN = \xi_1 . \gamma . dF . \frac{v^2 \sin^2 \vartheta}{2g},$$

$$\xi_1 . \gamma . \frac{v^2}{2g} = p_1,$$

$$dN = p_1\, dF \sin^2 \vartheta$$

Komponenta u smjeru v je

$$dP_1 = p_1 . dF . \sin^3 \vartheta$$

Komponenta dH nema značenja, jer se ukida sa dH od druge strane.

$$\sin \vartheta = \frac{x}{r} = \frac{dy}{ds},$$

$$x^2 = r^2 - y^2,$$

$$dP_1 = p_1 h \frac{x^2}{r^2} dy = p_1 \frac{h}{r^2} (r^2 - y^2)\, dy.$$

$$P_1 = 2\, p_1 \frac{h}{r^2} \int_0^r (r^2 - y^2)\, dy = 2\, p_1 \frac{h}{r^2} \cdot \frac{2}{3} r^3,$$

$$F = 2\, rh,$$

$$P_1 = \frac{3}{2} p_1 F = \frac{2}{3} . \xi_1 . \gamma . F . \frac{v^2}{2g}.$$

Sa stražnje strane nastupa P_2:

$$P_2 = \frac{3}{2} p_2 F = \frac{2}{3}\ \xi_2 . \gamma . F\ \frac{v^2}{2g},$$

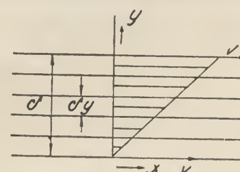
$$T = \frac{2}{3}\ \xi . \gamma . F . \frac{v^2}{2g}$$

To je rezultat klasične hidraulike za idealnu tekućinu. Međutim, tekućina nije idealna; ona stavlja stanovite otpore promjenama oblika, s razloga što među česticama tekućine kao i među česticama i stijenama tijela vlada trenje, pa je veličina otpora ovisna o tom trenju.

Trenjem uz stijene zadržavaju se čestice, a uz njih se taru i zadržavaju druge, čime nastaju različita gibanja unutar slojeva tekućine, strujnice gibaju se relativno jedna prema drugima i djeluju uslijed unutarnjeg trenja uzajamno jedna na drugu nekom silom. To unutarnje djelovanje među česticama tekućine naziva se viskozitet.

Obično se koeficijent viskoziteta označuje sa $\eta \left[\frac{kg\ sec}{m^2}\right]$.

Zamislimo vrlo tanak sloj tekućine δ između dviju usporednih ploča (sl. 2), koje se relativno



Sl. 2

jedna prema drugoj kreću brzinom v odnosno v_1. Tekućina drži se površine ploče f, pa čestice koje leže neposredno na ploči imaju istu brzinu kao i ploča.

Brzine kojima se gibaju čestice u sloju tekućine među pločama mijenjaju se linearno, proporcionalno udaljenosti čestica od donje ploče. Ako je

$v_1 > v$, onda je

$v_1 - v = dv$ relativna brzina obiju ploča.

Sila K kojom se ubrzava sloj koji se giba brzinom v_1 odnosno kojom se usporava sloj koji se giba brzinom v, ako je

$$v_1 = v + \frac{\vartheta v}{\vartheta v} . \delta y$$

iznosi

$$K = \eta . f . \frac{v - v_1}{\delta}.$$

Za slučaj lim $\delta = 0$ približava se $\frac{\delta v}{\delta} = 1$,

$$K = \eta . f . \frac{\vartheta v}{\vartheta y},$$

a za jedinicu plohe $\Sigma = \frac{\vartheta y}{\vartheta y}$.

Sila trenja mijenja se linearno po debljini tankog sloja. Taj zakon potječe od Newtona.

Pokusom se uočilo, da se kontinuirano strujanje oko nekog tijela može lako poremetiti smetanjima ispred, sa strane i iza tijela.

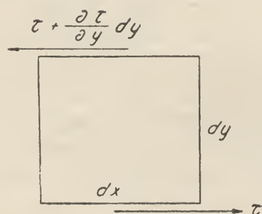
Isključit ćemo ta smetanja, promatrat ćemo samo djelovanje trenja i masovne sile, zanemarivši stlačivost tekućine i upliv sile teže i unosit ćemo oznake:

ρ = specifična masa tekućine,

η = viskozitet tekućine

V = brzina kojom tekućina struji,

dx, dy, dz, dimenzije elemenata tekućine (sl. 3),



Sl. 3

v = lokalna brzina kojom se giba elemenat, vidi se:

Na stranice elementa djeluje trenje koje na vodoravnim plohama ima veličinu τ odnosno

$$\tau + \frac{\vartheta \tau}{\vartheta y} dy.$$

Sila trenja na tim plohama je

$$\tau . dx . dz \text{ i } (\tau + \frac{\vartheta \tau}{\vartheta y} dy) \, dz \, dx,$$

a njihov zbroj u smjeru x:

$$K = (\tau + \frac{\vartheta \tau}{\vartheta y} dy) \, dx \, dz - \tau \, dx \, dz = \frac{\vartheta \tau}{\vartheta y} dx \, dy \, dz.$$

Za jedinicu volumena:

$$K = \frac{\vartheta \tau}{\vartheta y}.$$

Po Newtonu je

$$\tau = \eta . f . \frac{\vartheta y}{\vartheta y}, \text{ ili za jedinicu plohe}$$

$$\tau = \eta . f . \frac{\vartheta y}{\vartheta y}$$

Uvršteno u gornji izraz:

$$K = \eta \frac{\delta}{\vartheta y} \cdot \frac{\vartheta v}{\vartheta y} \; u = \frac{\vartheta^2 v}{\vartheta y^2}.$$

Po drugom je Newtonovu zakonu:

$$P = \rho . v . \frac{\vartheta v}{\vartheta v} . dy \, dx \, dz$$

ili za jedinicu volumena

$$P = \rho . v . \frac{\vartheta v}{\vartheta x}.$$

Odnos

$$\frac{P}{K} = \frac{\rho . v . \frac{\vartheta v}{\vartheta x}}{\eta \frac{\vartheta^2 v}{\vartheta y^2}}$$

ne mijenja se uz stalne prilike nekoga strujanja, pa je za isto strujanje konstantan.

Lokalna brzina v, kojom se giba elemenat tekućine, proporcionalna je brzini strujanja V:

$$v \sim V,$$

a prema tome je i razlika brzina kojima se gibaju dvije susjedne čestice, također proporcionalna brzina V:

$$dv \sim V.$$

Promatrani elemenat ima koordinate x, y, z, koje su proporcionalne dimenziji a tijela, oko kojega tekućina struji (na pr. polumjeru kugle) ili u kojem struji (na pr. polumjer cijevi).

Ako neki drugi geometrijsko slično situirani elemenat tekućine ima također koordinate proporcionalne veličine a, onda je razlika koordinata obaju elemenata proporcionalna veličini a, na pr. za smjer x:

$$d x \sim a,$$

$$\frac{d v}{d x} \sim \frac{v}{a}$$

Masovna je sila proporcionalna veličini $\frac{\eta . V}{a}$ odnosno $\rho \, v \frac{\vartheta v}{\vartheta x}$

Isto je tako

$$\frac{\vartheta^2 v}{\vartheta y^2} = \frac{\vartheta}{\vartheta y} \left(\frac{\vartheta v}{\vartheta y} \right) \sim \frac{V}{a^2}$$

Sila trenja je proporcionalna veličini $\frac{\eta V}{a^2}$ odnosno

$$\frac{P}{K} = \frac{\rho \, v \frac{\vartheta v}{\vartheta x}}{\eta \frac{\vartheta^2 v}{\vartheta y^2}} = \frac{\rho \frac{V^2}{a}}{\eta \frac{V}{a^2}} = \frac{\rho}{\eta} V a = \frac{V a}{\nu}.$$

Veličina ρ i η dolaze često u vezi $\frac{\eta}{\rho}$, pa se taj odnos označuje sa ν i naziva se kinematska žilavost (m^2/sek). Izraz $\frac{P}{K}$ je čisti broj bez dimenzija.

Dva strujanja, koja su geometrijski slično oblikovana ili omeđena, također su mehanički slična, ako je veličina $\frac{V\,a}{\nu}$ za oba strujanja jednaka. To ne vrijedi za slobodne površine, gdje djeluje sila teža.

Struji li na pr. ista tekućina uz iste okolnosti oko dviju kugala, od kojih jedna ima dvaput veći polumjer od druge, onda je oblik strujanja u oba slučaja sličan, ako je brzina kojom tekućina struji k većoj kugli za polovicu manja od brzine kojom struji k manjoj, jer je onda vrijednost izraza $\frac{\rho}{\eta}$ V a za oba slučaja ista.

Zakon sličnosti dviju strujanja otkrio je još 1883 god. Osborne Reynolds, istražujući strujanje tekućine u cijevima. Zato se veličina

$$\frac{\rho}{\eta} V\,a = \frac{V\,a}{\nu}$$

naziva Reynoldsovim brojem i označuje sa R.

Reynolds je opazio, da ima i drugih pojava, koje smetaju gibanju tekućine. To su razna vrtložna gibanja, uslijed kojih se povećava tlačna visina, potrebna da se postigne stanovita brzina gibanja, a koja se obuhvaćaju zajedničkim imenom: turbulentna gibanja.

Ako tekućina struji malom brzinom, gibaju se čestice po ravnim crtama, tvoreći usporedna vlakanca ili strujnice. Strujanje je laminarno.

Poveća li se brzina, poremete se u nekom protočnom profilu naglo ta vlakanca, pa se tvore više ili manje pravilni vrtlozi. Gibanje postaje turbulentno.

Brzina kod koje se to dešava ovisna je o mnogim faktorima: temperaturi, promjeru cijevi u kojoj se tekućina giba i t. d., a naziva se kritična brzina v_k.

Odnošaj R za taj slučaj naziva se kritičnim Reynoldsovim brojem R_k.

Reynolds je odredio taj broj za vodu i našao:

$$\frac{v_k\,D\,\rho}{\eta} = R_k = 6000 \sim 7000 \quad (D = \text{promjer cijevi}).$$

Reynoldsovi su pokusi bili izvršeni uz razne smetnje. Točniji radovi dali su za kritičan broj

$$R_k = 20000.$$

S ovim brojem izračunava se na pr. v_k za vodu

ρ = specifična masa $\frac{\gamma}{g}$

η = koeficijent unutarnjeg trenja, kod 20° C iznosi $\eta = 0{,}000103$.

γ = 998,26 kg/m³ kod 20° C, g = 9,81 m/sek,

ρ = 101,7, D = 0,5 m,

R_k = 20000,

$$V_k = \frac{20000 \times 0{,}000103}{101{,}7 \times 0{,}5} = 0{,}04 \text{ m/sek.}$$

Kritična brzina je vrlo malena, pa je gibanje u cijevima redovno turbulentno.

Pojave turbulencije ne javljaju se samo kod strujanja u cijevi, već općenito kod svakog strujanja kontinuiranog medija, uz pretpostavku da je prekoračen R_k.

I u slučaju kad medij struji ko tijela javljaju se slične pojave, naravno, uz druge vrijednosti za R_k.

Dimenzija tijela u struji, duljina, širina i visina mogu biti međusobno podjednake ili jedne prema drugima nerazmjerno velike. Ako su dimenzije podjednake ili jedna samo nekoliko puta, prema iskustvu 2—6 puta veća od ostalih, onda je strujanje oko takvog tijela trodimenzionalno, prostorno. Medij može oko tijela obilaziti na sve strane. Naprotiv, ako je jedna dimenzija prema drugima nerazmjerno velika, onda je strujanje oko toga tijela dvodimenzionalno. Kod žica električnih vodova je duljina prema promjeru neizmjerno velika, a kod stupova koji nose vodove visina je prema debljini razmjerno veoma velika; u oba slučaja je strujanje dvodimenzionalno. Isto vrijedi za tvorničke dimnjake i slične objekte. Naprotiv, izolatori na stupovima, o koje se pričvršćuje žica, više su skupljeni, strujanje oko njih je prostorno, trodimenzionalno.

Kako je prije izračunato, tlak je vjetra na okrugao predmet

$$T = c\,F\,\rho\,\frac{v^2}{z}$$

c = faktor otpora ili tlaka, u kojem je uključeno djelovanje obiju strana, t. j. tlaka i sisanja.

Odatle bi slijedilo i ranije se držalo, da je c za tijela stanovitog oblika i položaja konstantna veličina, kakogod tijelo bilo veliko i kakvagod bila brzina strujanja, t. j. na temelju geometrijske sličnosti se računalo da postoji mehanička sličnost, da se veličina otpora može odrediti za svaku brzinu. Reynolds je dokazao da se c mijenja za istu tekućinu prema obliku i položaju tijela kao i prema dimenzijama i brzini strujanja. Oblik i dimenzije tijela izražavaju se presjekom u smjeru strujanja i u smjeru okomitom na strujanje.

Kad medij struji trodimenzionalno, faktor otpora c je manji nego kad je strujanje dvodimenzionalno, a dosljedno tome može se reći, da je kod strujanja zraka oko stupova dimnjaka i sl. manji nego kod strujanja oko žice.

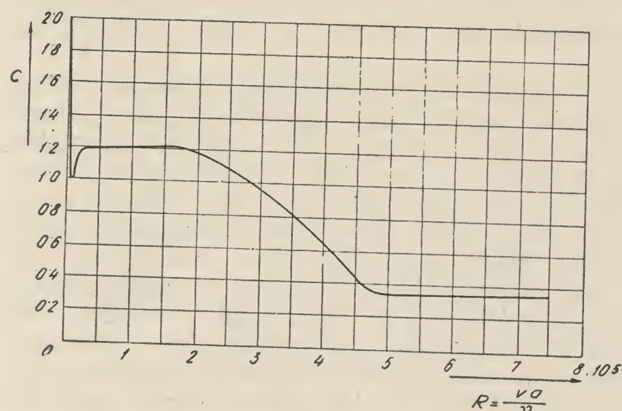
Ako za dva strujanja oko geometrijski sličnih tjelesa postoji isti Reynoldsov broj, onda moraju faktori c za oba strujanja biti isti. Mijenja li se Reynoldsov broj, mijenja se i faktor otpora c; on je funkcija veličine R. To je dokazano pokusima.

$$T = c\,F\,\rho\,\frac{v^2}{2} = f(R)\,\rho\,\frac{v^2}{2}$$

Po tome se može izračunati ukupni otpor nekog tijela za sve tekućine, brzine i veličine tijela, naravno, ukoliko dolaze u obzir samo trenje i masovne sile, ne uzimajući u račun površinsku obradu tijela.

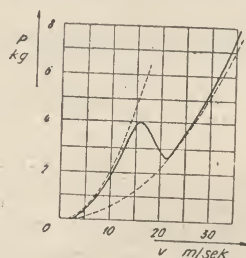
Funkcija f(R) prikazana je za slučaj dvodimenzionalnog strujanja oko valjka, čija os stoji oko-

mito na smjeru strujanja, diagramom (sl. 4). U diagramu se opaža, kako vrijednost faktora c pada u području veličine $R = 2 \times 10^5$ i 5×10^5 od vrijednosti 1,2 na vrijednost 0,3, dakle na jednu četvrtinu.



Sl. 4

Taj pad je tako velik, da se i sam pritisak tekućine, koji raste s kvadratom brzine, umanjuje, makar brzina raste (sl. 5). U slici je prikazan pad



Sl. 5

otpora kod strujanja zraka oko valjka Ø 30 cm na komadu 1 m duljine u području kritičnog Reynoldsovog broja. Kod brzine $v = 15$ m/sek nastaje pritisak $p = 4$ kg, a ako se brzina poveća na 20 m/sek, pritisak pada na 2,5 kg. To se tumači ovako: prekorači li se stanovita brzina, a time i stanoviti Reynoldsov broj, mijenja se znatno i strujanje na površini tijela. Radi se upravo o kritičnom Reynoldsovom broju. Ispod toga broja je strujanje na površini tijela laminarno, a prekorači li se taj broj, strujanje se naglo pretvara u vrtložno. Te se promjene očituju naročito na stražnoj strani cilindra, gdje se stvaraju vrtlozi, u čiju se kinetičku energiju pretvara tlačna visina gibanja.

Kako se faktor otpora c mijenja s omjerom promjera a i duljinom cilindra l za $R = 8{,}8 \times 10^4$, prikazano je u diagramu na sl. 6. Kod kraćih je vodiča $\left(\frac{a}{l} = 1\right)$ faktor otpora za polovinu manji nego kod drugih

Da se ove činjenice uzmognu primjenjivati na gibanje vjetra i na proračun tlaka zraka na neko okruglo tijelo, treba odrediti:

1) faktor otpora c, 2) brzinu vjetra v m/sek. Faktor c ovisi o gustoći zraka ρ, viskozitetu η, brzini gibanja vjetra v, obliku i protezanju tijela

Tablica 1

Brzina km/sat	Brzina m/sec		Promjeri cilindra cm: 1	2	4	10	20	40	60	80	100	200	300	Jedin. tlak kod 10° C q_0 kg/m²
150	41,66	—20	37 200	74 400	148 800	372 000	744 000	1 480 000	2 232 000	2 960 000	3 720 000	7 440 000	11 160 000	108
		0	32 250	64 500	129 000	322 500	645 000	1 290 000	1 935 000	2 580 000	3 225 000	6 450 000	9 675 000	
		+20	28 000	56 000	112 000	280 000	560 000	1 120 000	1 680 000	2 240 000	2 800 000	5 600 000	8 400 000	
		+40	24 240	48 480	96 960	242 400	484 800	969 600	1 454 400	1 939 200	2 424 000	4 848 000	7 272 000	
100	27,27	—20	24 400	48 800	97 600	244 000	488 000	976 000	1 464 000	1 952 000	2 440 000	4 880 000	7 320 000	46
		0	21 440	42 880	85 760	214 400	428 800	857 600	1 286 400	1 715 200	2 144 000	4 288 000	6 432 000	
		+20	18 330	36 660	73 320	183 300	366 600	733 200	1 099 800	1 466 400	1 833 000	3 666 000	5 499 000	
		+40	16 200	32 400	64 800	162 000	324 000	648 000	972 000	1 296 000	1 620 000	3 240 000	4 860 000	
50	13,88	—20	12 200	24 400	48 800	122 000	244 000	488 000	732 000	976 000	1 220 000	2 440 000	3 660 000	12
		0	10 720	21 440	42 880	107 200	214 400	428 800	634 200	957 600	1 072 000	2 144 000	3 216 000	
		+20	9 163	18 326	36 652	91 630	183 260	366 520	549 780	733 040	916 300	1 832 600	2 748 900	
		+40	8 100	16 200	32 400	81 000	162 000	324 000	486 000	648 000	810 000	1 620 000	2 430 000	

ili odnosu $\frac{a}{l}$ svojstvima površine i vrsti strujanja.

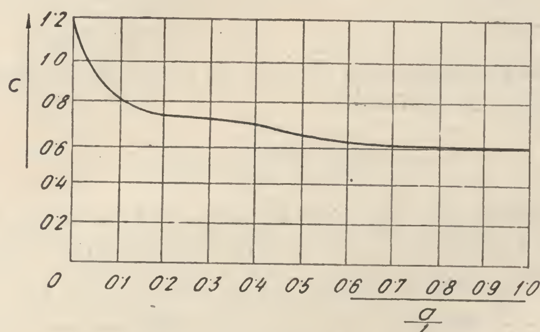
Sastavljene su odgovarajuće tabele, s pomoću kojih se mogu odrediti razne brojčane vrijednosti i stvoriti potrebni zaključci.

U tabeli 1 unesene su mjerodavne vrijednosti za zrak, koji stoji pod tlakom od 760 mm ž. s. za

gustoću ρ, viskozitet η kao i kvocijent $\nu \frac{\varsigma}{\eta}$ kod raznih temperatura, pri čem je vrijednost η računata iz relacije:

$$10^6 \eta = 1{,}712 \sqrt{1 + 0{,}003665 \pm (1 + 0{,}0008\ t)^2}.$$

U tabeli 2 unesene su vrijednosti Reynoldsovih brojeva R za zrak koji struji brzinom v m/sek kod



Sl. 6

raznih temperatura oko cilindra različitih promjera. Odgovarajući faktori otpora za pojedine Reynoldsove brojeve dani su u diagramu (sl. 4).

Iz tih podataka mogu se izvesti s obzirom na veličinu faktora otpora c ovi zaključci:

a) za sve vodove, od žice ili užeta, treba za faktor c uzimati vrijednosti $c = 1{,}2$, a kod tankih žica i više,

b) za drvene stupove Ø 20—30 cm, mjereno u sredini, slobodne dužine 9,0—12,5 m $\frac{d}{l} = 0{,}022$—0,024, treba za faktor c uzimati vrijednost $c = 0{,}7$,

c) za okrugle betonske stupove Ø 30—40 cm, mjereno u sredini, slobodne duljine 16—30 m, $\frac{d}{l} = 0{,}019$—0,025, treba za faktore c uzimati vrijednost $c = 0{,}5$ ili manju, odnosno vrijednost određenu propisom,

d) za okrugle visoke dimnjake mogla bi se za c uzimati vrijednost i manja od 0,5. To se ipak mora korigirati utoliko, što kod većih promjera dolaze do izražaja još i drugi faktori, koji prelaze potrebe i okvir ovog članka, pa treba računati po propisu.

Brzina vjetra v odnosno veličina pritiska određena je propisima prema zonama, primjereno opaženim pojavama. Kako se vidi, nije ovdje došlo do izražaja neko ublaživanje djelovanja vjetra ili pojačanje radi učinka leda, već su pritisci doista onako veliki kako PTP propisuje, tek je stilizacija točaka 23242 i 23246 nešto neispravna. U pogledu upliva leda preporučujem niže navedenu literaturu (navodim i onu koja je služila kod sastava ovoga članka):

Ing. Fedor Jelušić: O pojavama leda na zračnim vodovima. Tehnički vjesnik 1943, str. 254.

Ing. Vladimir Žepić: O pojavama leda na zračnim vodovima. Tehnički vjesnik 1953, str. 272.

O. Tietjens: Hydro- und Aeromechanik. Berlin, J. Springer, 1931.

Ing. Hanna Krautt: Erläuterungen zu der Verschriften für Freileitungen EVW 18. Elektrotechnischer Verein, Wien 1931.

Dr. ing. Karl Girkmann, Dr. Erwin Königshofer: Die Hochspannungs-Freileitungen. Wien, J. Springer 1938.

Prof. Dr. Fr. Prašil: Technische Hydrodynamik. Berlin, J. Springer, 1926.

Grünewald: Gewittermessungen. ETZ 1936, str. 1029, sv. 36.

Berger: Resultate der Gewittermessungen. Bull. Schweizer El. Ver. 1936. sv. 6.

Koetzold: Kritische Betrachtungen. ETZ 1936, sv. 6.

Koetzold: Rauhreif. ETZ 1937, sv. 1, str. 1.

Kraut: Berücksichtigung. E. u. M. 1932, sv. 2, str. 32.

Tablica 2

Temperatura C°	—20	—10	0	10	20	40	60
Gustoća ϑ $\left[\frac{kg\ sec^2}{m^4}\right]$	0,142	0,137	0,132	0,127	0,123	0,114	0,108
Viskozitet $10^6\eta$ $\left[\frac{kg\ sec}{m^2}\right]$	1,95	1,65	1,71	1,77	1,83	1,95	2,07
$10^6 v = \frac{}{} \left[\frac{m^2}{sec}\right]$	11,20	12,04	12,95	13,94	14,88	17,1	19,17

PROVJERAVANJE PENDLA I KVADERA

Ing. **Kruno Tonković**, Zagreb

1. Proračun pendla

Metode većine proračuna pendla od armiranog betona baziraju na pretpostavci, da beton vlačne zone ne sudjeluje kod nošenja, nego da sve nosi armatura, a to pretpostavlja pojavu pukotina u betonu.

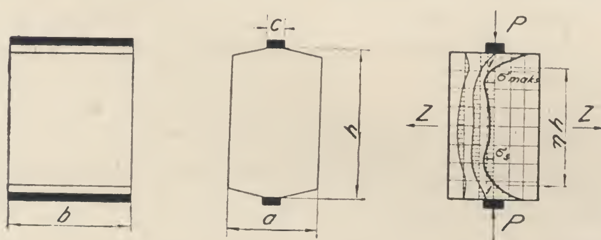
Prema tome takvim proračunima se određuje potrebna količina armature, koja može preuzeti sva vlačna naprezanja.

Međutim, pojava pukotina u dijelovima ležaja nije nimalo poželjna, jer su to delikatni i sitni dijelovi, pa pukotine u njima dovode do hrđanja armature i odlupljivanja betona, dakle, do brže propasti ležajnih konstrukcija. Zbog toga bi trebalo predvidjeti dimenzije pendla takve, da ne bude pukotina, no i u tom slučaju armaturu treba tako dimenzionirati, da može nositi sva vlačna naprezanja.

Proračun treba dakle da obuhvati iznalaženje potrebne armature, koja može da preuzme sve vlačne sile i provjeravanje dimenzija pendla s obzirom na sigurnost protiv pukotina.

Način proračunavanja kvadera, koji je dao Mörsch (vidi numerički primjer), a koji se je u praksi uvriježio, u mnogome je nepotpun. On daje prikladne vrijednosti samo za stanovite odnose dimenzija kvadera i pendla.

Razumljivo je, da su se stoga u literaturi pojavili različni metodi, koji nastoje ukloniti te nedostatke. Neki od tih metoda ovdje su izloženi.



Skica 1. Oznake pendla i horizontalna naprezanja

Određivanje poprečne armature.

Pretpostavljamo, da su se u pendlu pojavile pukotine i da sva vlačna naprezanja nosi armatura. Maksimalno vlačno naprezanje izraženo je formulom:

$$\sigma_a = \frac{\mu Z}{F_a} \quad odnosno \quad F_a = \frac{\mu Z}{\sigma_{da}}$$

Z je čitava vlačna sila u pendlu,

μ je koeficijent, koji prikazuje odnos najvećeg naprezanja i srednjeg horizontalnog naprezanja (vidi skicu 1).

F_{aa} je presjek potrebne armature u smjeru a,

σ_{da} je dopušteni napon u armaturi (obično 1200 kg/cm²),

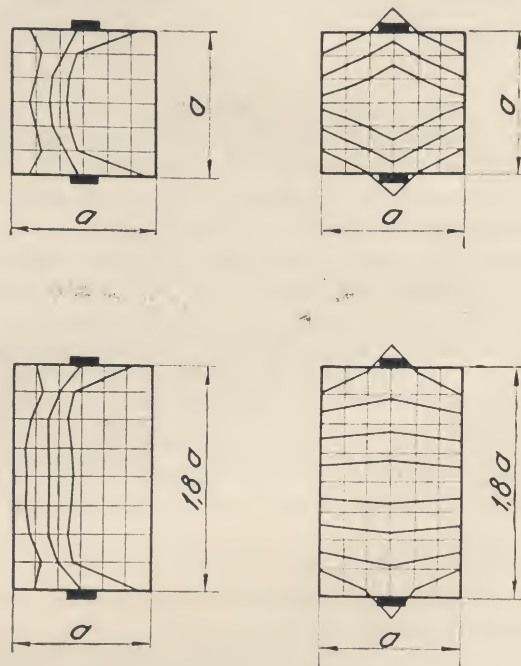
β je c : a.

Veličina sile Z ovisi o visini i širini pendla.

Po Dončenku sila Z može se dovoljno točno izračunati po formuli:

$$Z = \left[0{,}21 \frac{h}{a} + 0{,}5(\beta - 1{,}09)^2\right] P$$

Pouzdanost tog izraza provjerena je usporedbom teoretskih izvoda s eksperimentalnim rezultatima.



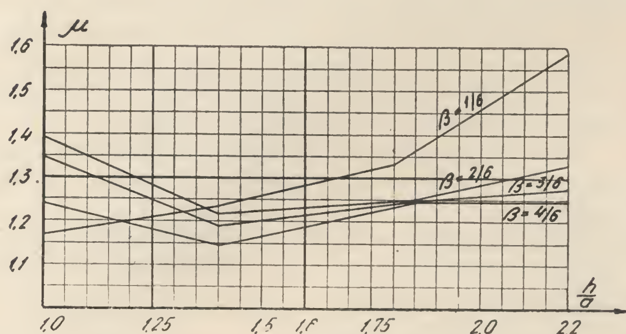
Horizontalna naprezanja Vertikalna naprezanja

Skica 2. Naprezanja u pendlu

Odnos maksimalnog naprezanja prema srednjem jednolikom naprezanju P/a ovisi o odnosu visine i širine pendla, te o veličini β. Prema raznim autorima odnosi tih naprezanja i mjesta gdje se navodno javljaju različiti su. U priloženoj tablici dajemo pregled tih odnosa i mjesta po raznim autorima. Vrijednosti su proračunate za veličinu $\beta = 0{,}167$.

	a/h	Dočenko	Bortsch	Mörsch
σ_{maks}	1/1,0	$0{,}55\,\sigma_s$	$0{,}57\,\sigma_s$	$1{,}25\,\sigma_s$
σ_{maks}	1/2,2	$0{,}30\,\sigma_s$	$0{,}40\,\sigma_s$	$0{,}25\,\sigma_s$
y_m	1/1,0	0,5 h	0,5 h	0,5 h
y_m	1/2,2	0,2 h	0,25 h	0,5 h

Koeficijent μ može se dobiti iz diagrama na skici 3.



Skica 3. Diagram veličine μ

Iz diagrama vidimo, da je u pogledu raspodjeljenja naprezanja otprilike 1,5 najpovoljniji odnos visine pendla prema njegovoj širini, jer je tada koeficijent μ najmanji; što znači, da će tada naprezanje biti najjednoličnije raspodijeljeno po presjeku, a armatura najbolje iskorišćena.

Pendle s većim odnosom od 1,5 podesno je gdjekad predvidjeti s drugih razloga, na pr. zbog smanjenja djelovanja vanjskih horizontalnih sila ili u slučaju, ako je to potrebno s konstruktivnih razloga ili zbog uvećanja koeficijenta β, a zbog boljeg raspodjeljivanja horizontalnih naprezanja, to nije potrebno učiniti, jer se maksimalno naprezanje tek neznatno mijenja.

Međutim, nema razloga predviđati kraće pendle, jer su niski pendli i inače nepodesniji; jače se nagibaju, a tada su horizontalne sile veće i t. d., pa će biti potrebna i jača armatura.

Dončenko predlaže, da se kod odnosa otprilike 1,5 (od 1,25 do 1,6) za sve vrijednosti koeficijenta β uzme $\mu = 1{,}3$.

Sigurnost protiv uzdužnih pukotina.

U času pojave prve pukotine maksimalno vlačno horizontalno naprezanje dostići će veličinu vlačne otpornosti betona.

$$hb = \frac{k \mu Z}{R_v \eta} - \frac{E_a}{E_b} \frac{\mu Z}{\sigma_{da} \eta}$$

R_v je vlačna čvrstoća betona; uzimamo da je ona približno jednaka desetini tlačne čvrstoće (0,1 R_t).

η je koeficijent, koji predstavlja odnos sektora, na kojem je horizontalno naprezanje vlačno prema čitavoj visini h (vidi skicu 1).

Dovoljno je točno taj koeficijent računati po formuli:

$$\eta = 0{,}07\ h : a + 0{,}74$$
$$n = E_a : E_b$$

k = koeficijent sigurnosti protiv pojave pukotina. Predviđamo, da taj koeficijent treba biti 1,5 do 2,0.

Kod zadanog kvadera treba naći koeficijent sigurnosti na pukotine;

$$k = R_v \left(\frac{\eta hb}{\mu Z} - \frac{n}{\sigma_{da}} \right)$$

Armatura F_a trebala bi biti raspodijeljena na visini η h. Osim nje trebalo bi pri osloncima pendla staviti još armaturu, kojom će se učvrstiti krajevi. Ta dodatna armatura je konstruktivna, a treba je svakako predvidjeti, ako je 0,5 (h—ηh) zamjetna veličina.

Uzdužna armatura.

Uzdužna se armatura obično stavlja samo po konstruktivnim potrebama, iako je ona jednako važna kao i poprečna.

Točan proračun uzdužne armature teži je nego poprečne. Za praksu je međutim dovoljan i približni proračun.

Srednje je naprezanje u betonu na mjestu, gdje je priložena sila: $p_s = P : cb$.

Iz diagrama vertikalnih pritisaka (skica 2) vidimo, da se veličina pritiska umanjuje s udaljenosti presjeka od mjesta opterećenja.

U sredini pendla vertikalna naprezanja raspodjelju se najjednoličnije po čitavoj plohi presjeka. Za proračun uzdužne armature pretpostavljamo, da po čitavoj visini djeluje jednoliko raspodijeljeni tlačni pritisak preko stanovitog dijela širine pendla, koji je jednak: $(a + \beta a) : 2$; tada je $p_{tx} = 2\ P : ba\ (1 + \beta)$.

Veličina vlačne sile, koja djeluje duž pendla, može se predstaviti izrazom:

$$Z_u = 2\ Phm : b\ (1 + \beta),$$

gdje je m = 0,167 (Poissonov koeficijent).

Raspodjela te sile duž visine pendla nije jednolika.

U sredini visine bit će sila manja od srednje vrijednosti uslijed prisustva vlačnih sila, koje djeluju u okomitom smjeru. Pri krajevima pendla sila će biti veća uslijed pritiska u okomitom smjeru. Uz to na mjestima pritiska povoljno djeluju i sile trenja.

Potrebna količina armature u smjeru h može se dakle naći po formuli:

$$F_{ah} = \frac{0{,}334\ Ph}{b(1+\beta)\sigma_{da}}$$

Tu armaturu treba jednoliko raspodijeliti po poprečnom presjeku pendla.

Sigurnost protiv poprečnih pukotina.

Najveće vlačno naprezanje duž pendla postojalo bi na mjestima gdje djeluje pritisak, ali se u tim mjestima javljaju sile trenja, koje znatno smanjuju veličinu toga naprezanja. Prema tome će se u lošijim uvjetima nalaziti ona mjesta pendla, koja su nešto dalje od krajnjih površina. Za praksu možemo dovoljno točno pretpostaviti, da će najnepovoljnije prilike biti u točkama 1 mreže (vidi skicu 1).

Veličina vertikalnoga pritiska u tim točkama približno je dana formulom:

$$\sigma_y = \frac{2{,}5\ P}{ab}(1{,}26 - \beta)$$

Utjecaj horizontalnoga naprezanja, koje je ovdje vlačno, možemo zanemariti.

Uz pretpostavku, da je veličina najvećega horizontalnoga naprezanja konstantna po čitavom vertikalnom presjeku pendla, bit će vlačna sila, koja djeluje duž pendla jednaka:

$$Z_u = 0{,}384\ P\ h\ (1{,}26 - \beta) : b.$$

Uvjet sigurnosti protiv pukotina u poprečnom smjeru dan je izrazom:

$$k = \frac{R_r\,(a h + n F_{ah})\,b}{0{,}384\,P\,h\,(1{,}26 - \beta)}$$

Provjeravanje oklopljenih pendla.

Principijelno se provjeravanje tih ležaja ne razlikuje od provjeravanja običnih armiranih betonskih ležaja. Prisutnost metalnoga oklopa ne može bitno utjecati na veličinu i karakter raspodjele naprezanja u pendlu ili kvaderu. Ipak, oklop bolje raspodjeljuje lokalni pritisak, koji se koncentrira na mjestu dodira. To djelovanje s jedne strane umanjuje maksimalno tlačno naprezanje u dodirnim točkama, a s druge strane umanjuje i maksimalno vlačno horizontalno naprezanje, jer se pri tom povećava koeficijent β.

Obje činjenice povećavaju čvrstoću ležaja. Uz to se ta čvrstoća povećava i zbog prisustva krutog čeličnog skeleta, ako je taj spojen sa oklopom.

Pojava pukotina kod ispitivanja na modelima na mjestu maksimalne vlačne horizontalne sile pokazuje, da i ti valjci pucaju kad je dostignuta vlačna čvrstoća betona.

Od većeg je značenja pretpostavka modula elastičnosti, koji se ovdje uzima sa 140 000 kg/cm^2. Kao što je poznato, veličina modula opada sa veličinom pritiska. Kod naprezanja veličine 1200 do 1400 kg/cm^2, koja se dostižu na mjestu dodira, taj će modul biti još znatno manji. S druge strane, kod takvog proračuna nisu uzeta u obzir djelovanja stezanja betona, netočna ispunjenost betonom i sl., što kod velikih opterećenja ima znatnog utjecaja.

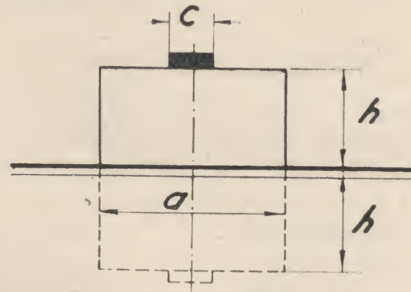
2. Proračun kvadera

Opterećenje jednom silom.

Visina ležajnih kvadera obično je manja od njihove osnovice. S gornje strane oni su opterećeni od tereta rasponske konstrukcije, pa se taj pritisak rasprostire duž visine kvadera na sve veći i veći dio širine kvadera. Na čitavoj donjoj plohi kvader se upire o upornjak ili stup. Razni načini oslanjanja konstrukcije na ležajni kvader ne utječu bitno na opći metod njihova proračuna.

Dovoljno je točno, ako kvader promatramo kao polovinu pendla odgovarajućih dimenzija (vidi skicu 4).

U tom slučaju možemo proračunati ležajni kvader na čvrstoću i na pukotine s upotrebom formula, koje su ranije navedene.



Skica 4. Dimenzije kvadera

Vlačna sila Z u ležajnom kvaderu bit će jednaka polovini vlačne sile pendla, koji imade jednaku širinu i duljinu, a dvostruko je viši nego li je kvader.

U slučaju, ako se na ležajni kvader predaje i neka horizontalna sila H, bit će ukupna raspodjela sila u kvaderu drugačija nego li u prijašnjem slučaju.

Osnovno je ispitivanje za sam vertikalni pritisak. Za djelovanje sile H provodi se dopunsko ispitivanje.

Osim toga treba promotriti dodatnu količinu poprečne armature, određenu po formuli: $F'_{aa} = H : \sigma_{da}$.

Ta armatura trebala bi biti razmještena u gornjim predjelima kvadera, kod mjesta gdje je pritisak nadodan. Ona će tako povezati u cjelinu gornji dio kvadera, na koji neposredno djeluje sila H.

3. Proračun bloka stupa

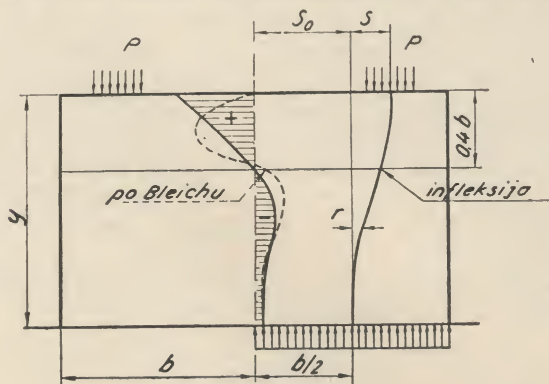
Opterećenje sa dvije sile.

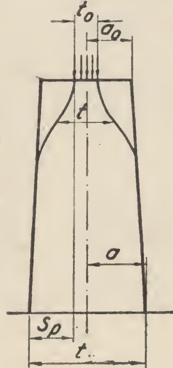
Približni metod određivanja vlačnih naprezanja i armature u ležajnim kvaderima može bazirati na pretpostavci, da rezultirajuća tlačna trajektorija jedne polovine bloka prolazi sredinom opterećenih ploha i da je to linija, čije su tangente okomite na ležajne plohe.

t je sudjelujuća širina stupa.

Sievers daje kao dovoljno točne ove konkretne vrijednosti:

$$\sigma_x = \frac{8Ps}{t\,b^2}\,(1 - 2{,}5\eta)\,e^{-\frac{y}{s}1{,}6\eta}$$





Skica 5. Oznake veličina bloka stupa

$\eta = y : b$, ima drugo značenje nego sprijeda

Za $\eta = 0{,}4$ je ... $\sigma_x = 0$ a ... $y_0 = 0{,}4\ b$

Ukupna vlačna sila je: $Z = 1{,}17\ Ps : b$.

Kod ovoga metoda izračunavanja krak unutarnjih sila neovisan je o načinu opterećenja:

$$z = M : Z = b : 1{,}17.$$

Najveće naprezanje nastaje na gornjoj površini bloka, te je jednako:

$$\text{maks}\ \sigma_x = \frac{8Ps}{t_0 b^2}$$

Radi skraćenja računanja dajemo tablicu potrebnih veličina.

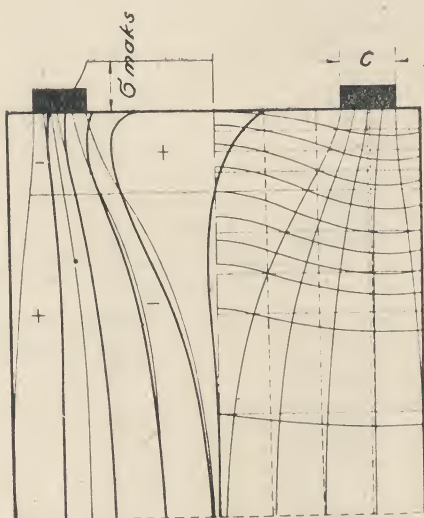
η	$(1-2{,}5\eta)e^{-\frac{\pi}{2}1{,}6\eta}$	$(1+2{,}5\eta)e^{-\frac{\pi}{2}1{,}6\eta}$
0,0	+ 1,000	1,000
0,1	+ 0,584	0,973
0,2	+ 0,303	0,908
0,3	+ 0,118	0,823
0,4	0,000	0,732
0,6	- 0,111	0,553
0,8	- 0,134	0,402
1,0	- 0,122	0,284
1,2	- 0,098	0,196
1,5	- 0,063	0,120
1,6	- 0,054	0,090
2,0	- 0,026	0,038

Veličina t može se naći iz jednadžbe:

$$t = t_u - 2s_p(1+2{,}5\eta_p)e^{-\frac{\pi}{2}1{,}6\eta_p}$$

gdje je: $\eta_p = y : a$; $s_p = 0{,}5\ (t_u - t_o)$.

Na taj način mogu se naći naprezanja u svim presjecima kvadera.



Skica 6. Trajektorije naprezanja

Na skici 6 dane su tako izračunate trajektorije napona za nekoliko presjeka.

Iz skice vidimo da se armatura može položiti ili horizontalno ili po liniji trajektorija.

Ako se armatura polaže horizontalno, tada treba predvidjeti i vertikalne šipke za preuzimanje vertikalne komponente σ_v.

Općenito je dovoljna za to konstruktivna armatura, koja se može kontrolirati po formuli:

$$\text{maks}\ \sigma_v = 0{,}29\ s_0\ \sigma_x : b.$$

Taj napon, nastaje kod $t = t_0$.

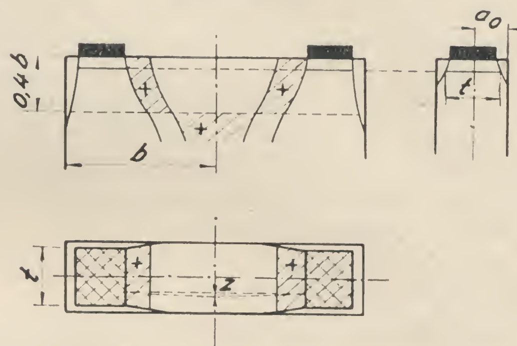
Ova se armatura treba nalaziti na širini t, koja se može naći iz naprijed dane jednadžbe za t, no za vrijednost: $\eta_p = 0{,}4\ b : a$.

Uslijed tlocrtnoga širenja rezultirajuća trajektorija će imati otklon i u tlocrtu (vidi skicu 7):

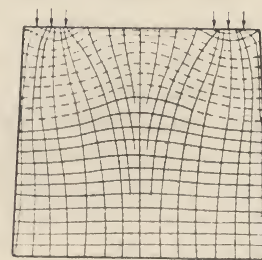
$$z = 0{,}5\ (a - 0{,}5\ t_0)$$

Zbog toga treba predvidjeti i poprečnu armaturu:

$$F_p = F_{uzd} \cdot Z : a.$$



Skica 7. Tlocrtno širenje



Skica 8. Trajektorije dobivene fotoelastičnim istraživanjem

Kod stupova, kojima tlocrt nije paralelogram, može se raditi tako, da se stvarni lik pretvori u paralelogram i tako odredi veličina b. Pri određivanju veličine s računa se sa težištem polovine stvarnoga tlocrta.

Pokusi na modelima su potvrdili, da je točnost rezultata po ovom načinu 1—12% na strani sigurnosti.

(Slijedi: Numerički primjer)

O NESREĆAMA U GRAĐEVINARSTVU

Dr. **Olga Maček**, Zagreb

U posljednjim godinama, s obzirom na događaj nesretnog slučaja na radu, građevinsku djelatnost karakterizira nekoliko glavnih momenata. Gradili su se veliki tvornički objekti, koji su prema planu morali biti gotovi u izvjesnom roku; nismo imali dovoljno iskustva kod takovih gradnja, zbog čega su stalno iskrsavali mnogi problemi u rukovodstvu gradnja; s time u vezi čitava pažnja na gradilištima bila je usredotočena isključivo na izvršenje plana. Poduzeća se nisu mnogo interesirala za postotke bolesnih i ozlijeđenih posebno, jer su potrebnu radnu snagu dobivala po planu od Ministarstva rada. Nadalje je postojala velika fluktuacija radnika, veća nego u mnogim drugim privrednim granama; ljudi su se prebacivali na ključne i prioritetne objekte; morali su naglo mijenjati svoje običaje, način života i saobraćaja sa novom okolinom; zbog te velike fluktuacije građevna poduzeća nisu poznavala svoje radnike i njihove sposobnosti, govorilo se samo o brojkama koje su im dodijeljene na rad i opet su ih kao brojke raspoređivali na radilišta; postojale su poteškoće s mobiliziranom radnom snagom. Fluktuacija je bila tako velika, da se nije moglo pomišljati na važnost stalne radne snage, koja prestaje biti samo broj i koja, zbog poznavanja načina vršenja izvjesnih poslova kod dotičnog poduzeća, postaje važan faktor, o čijem se zdravlju ili bolesti vodi računa.

S druge se pak strane sa mnogo pomnije izrađivalo zaštitno radno zakonodavstvo, koje je relativno opširno; no ono je stajalo po strani, nije došlo na gradilišta i nije postalo sastavni dio znanja i djelovanja uprava tih gradilišta.

Posebnom analizom prikazali bismo ovdje, gdje i zašto su se događale ozljede na radu u građevinarstvu. Ta nam analiza bez komentara pokazuje, kako se je ogroman broj tih ozljeda mogao spriječiti. U odjelu za higijenu rada Centralnog higijenskog zavoda u Zagrebu izdvojeno je posljednjeg perioda *445 slučajeva težih i smrtnih ozljeda,* koje su se dogodile radnicima u građevinarstvu na radu i na putu na rad ili sa rada, te su završile rentom ozlijeđenom ili članovima porodice. Izrađen je prema samim prijavnicama za nesretni slučaj navedenih ozljeda poseban popis mogućih izvora ozljeda. Uzroci su obrađeni prema prijedlogu Centralnog higijenskog zavoda u Zagrebu, koji je usvojen za klasifikaciju ozljeda na radu za čitavu državu.

Slučajevi nisu posebno odabrani, već su proizvoljno uzeti i obrađeni s obzirom na izvor, uzrok, vrstu ozljedu i krivnju čijom se dotični nesrećni slučaj dogodio. Nije uzeto u obzir, da li se radi o civilnom ili vojnom poduzeću, niti su posebno izdvojena pojedina poduzeća. Od ukupno 445 slučaja ozljeda, 380 se dogodilo na samom radu, a 65 na putu na rad ili sa rada. U narednoj tabeli tih 380 slučajeva razvrstano je po izvorima.

Izvor:	Broj slučajeva		U % od grupa	U % svih obrađenih ozljeda
Strojevi (22 slučaja)	Cirkular	12	54,5	3,1
	Makara	4	18,3	1,0
	Miješalica za beton	3	13,7	0,8
	Dizel motor	1	4,5	0,3
	Ježevi za valjanje cesta	1	4,5	0,3
	Brusilica	1	4,5	0,3
	Ukupno	22	00,0	5,8
Alat (14 slučajeva)	Nož	1	7,1	0,3
	Sjekira	4	29,9	1,0
	Bat (čekić)	2	14,3	0,5
	Kablić za izvlačenje materijala iz jame	1	7,1	0,3
	Sjekači	1	7,1	0,3
	Štrcaljka	1	7,1	0,3
	Svrdlo	1	7,1	0,3
	Glodalo	1	7,1	0,3
	Ključ	1	7,1	0,3
	Ručna dizalica	1	7,1	0,3
	Ukupno	14	100,0	3,6
Materijal (113 slučajeva)	Kamenje, pijesak, zemlja	43	38,1	11,3
	Drvo, (letve, mosne grede)	22	19,5	5,8
	Mort	13	11,5	3,4
	Mine	6	5,3	1,6
	Smola, bitumen	5	4,4	1,3
	Čavli	4	3,5	1,0
	Cigla	4	3,5	1,0
	Vapno	3	2,6	0,8
	Cement, beton	3	2,6	0,8
	Lim	2	1,8	0,5
	Spojnica	2	1,8	0,5
	Žica	1	0,9	0,3
	Karbid	1	0,9	0,3
	Traverza	1	0,9	0,3
	Nafta	1	0,9	0,3
	Bala drvene vune	1	0,9	0,3
	Cementna vreća	1	0,9	0,3
	Ukupno:	113	100,0	29,8
Transportna sredstva (53 slučaja)	Kamion	14	26,4	3,6
	Lift	12	22,6	3,1
	Vagonet	12	22,6	3,1
	Vlak, vagon	6	11,3	1,6
	Motorni kotač	3	5,7	0,8
	Tačke	3	5,7	0,8
	Ručna kola	1	1,9	0,3
	Transporter	1	1,9	0,3
	Zaprežna kola	1	1,9	0,3
	Ukupno	53	100,0	13,9

Izvor:		Broj slučajeva	U % od grupa	U % svih obrađenih ozljeda
Mjesta u prostoru (171 slučaj)	Skela	88	51,4	23,1
	Jama	18	10,5	4,7
	Zid	18	10,5	4,7
	Krov	14	8,2	3,7
	Ljestve	9	5,3	2,4
	Pod ili put	9	5,3	2,4
	Strop	7	4,1	1,8
	Stube	5	2,9	1,3
	Balkon	2	1,2	0,5
	Kotao	1	0,6	0,3
	Ukupno:	171	100,0	44,9
Elektricitet (1 slučaj)	Ukupno:	1	100,0	0,3
Ostalo: (6 slučajeva)	CO	3	50,0	0,8
	Žega, vrućina	1	16,7	0,3
	Granata	1	16,7	0,3
	Voda, rijeka	1	16,7	0,3
	Ukupno:	6	100,0	1,7
	Sveukupno:	380		100,0

Ako pogledamo ovaj prikaz, vidimo da izvjesne skupine i pojedini izvori ozljeda iskaču sa većim brojem slučajeva.

Najveći broj ozljeda na radu, t. j. 171 slučaj ili 44,9%, odnosi se na mjesta u prostoru, kao što su skele, jame, zidovi, krovovi i t. d. Od 171 slučaja otpada 88 odnosno 23,1% svih analiziranih slučajeva na skele. Nadalje po 18 slučajeva, t. j. po 4,7% svih analiziranih slučajeva na jame i zidove.

Druga grupa izvora, najčešća po broju slučajeva, odnosi se na materijal kao izvor ozljeda na radu, sa 113 slučaja t. j. 29,8% svih analiziranih nesreća. Od ovih otpadaju na kamen kao izvor nesreća 43 slučaja odnosno 11,3% svih analiziranih nesreća, na drvo 22 slučaja i t. d.

Zatim dolaze kao daljnja grupa izvora, sa 53 nesreće, dakle 13,9% analiziranih slučajeva, transportna sredstva. Od ovih otpada na kamion 14 slučajeva (odnosno 3,6%), a na lift i vagonet po 12 slučajeva, t. j. po 3,1%.

Tek na četvrtom mjestu izvora nesreća u građevinarstvu su strojevi. Unutar 380 analiziranih slučajeva odnose se 22 slučaja odnosno 5,8% na stroj kao izvor. Prvo mjesto zauzima cirkular sa 12 nesreća, odnosno 3,2% svih analiziranih slučajeva, zatim »makara« sa 4 slučaja i t. d.

Na petom je mjestu grupa, koja se odnosi na izvor »alat« sa 14 nesreća ili 3,6% svih analiziranih slučajeva, među kojima je najčešći izvor sjekira, a onda bat.

Konačno je grupa s raznim izvorima, koji se nisu mogli svrstati u temeljne grupe. To je 6 nesreća ili 1,7% analiziranih slučajeva. Treba istaći, da su od tih 6 slučaja 3 svršila smrću, a otpadaju na trovanje ugljičnim monoksidom.

Kod promatranja izvora tih ozljeda ne smijemo izgubiti iz vida, da se radi o teškim ozljedama. Od 380 nesreća 59 je smrtnih. Sigurno je, da bi nutarnja struktura izvora po frekvenciji bila drugačija, kada bi se analizirale sve, pa i najlakše ozljede. Razvrstamo li ozljede po uzrocima i krivnji za njihov događaj dobivamo ovaj prikaz:

	Broj slučajeva	Od svih obrađenih slučajeva %	Unutar grupe %
I. Faktori radne okoline: (300 slučajeva)			
1. Neracionalan način rada, loša organizacija rada ili nesigurne metode rada	93	24,4	31,0
2. Nedostatak zaštitnog uređaja ili nedostaci u njegovoj konstrukciji s obzirom na sigurnost	55	14,5	18,3
3. Neispravna ili neuredna oprema radnih prostorija	55	14,5	18,3
4. Neispravnost uređaja, procesa proizvodnje ili poremećenje normalnog tehnološkog procesa	42	11,0	14,0
5. Neispravno stanje ili nedostatak ličnih zaštitnih sredstava	40	10,5	13,4
6. Neispravan alat ili upotreba alata u takove svrhe kojima nije namijenjen	12	3,2	4,0
7. Zakrčenost radilišta, a naročito prolaza za ljude i transportna sredstva, kao i zakrčenost prostora za utovar i istovar	3	0,8	1,0
Ukupno:	300	78,9	100,0
II. Lični faktor: (80 slučajeva)			
1. Kršenje radne discipline	52	13,7	65,0
2. Fizičke ili psihičke mane, osebine, razne bolesti itd.	16	4,2	20,0
3. Nedostatak znanja i vještine	7	1,8	8,7
4. Umor zbog predugog radnog vremena, zbog neodržavanja odmora ili prekratkih odmora, te prebrzi tempo rada u poduzeću	3	0,8	3,7
5. Mamurluk od uživanja alkohola ili drugih droga	1	0,3	1,3
6. Umor zbog hoda na rad ili sa rada	1	0,3	1,3
Ukupno:	80	21,1	100,0
Sveukupno:	380	100,0	—

Uzroke ozljeda na radu podijelili smo u dvije grupe. Prvo su faktori radne okoline, a drugo lični faktori. Treba upozoriti, da se klasifikacija uzroka ozljeda na radu mogla naravno vršiti samo na temelju listanja spisa o događaju nesretnog slučaja,

a ne na temelju neposrednog ispitivanja unesrećenih ili njihove okoline. Zbog toga to nisu točni podaci, jer subjektivni način opisivanja samog događaja ozljede utjecao je na onoga, koji je iz opisa slučaja stvarao zaključke s obzirom na uzroke. Ti su opisi veoma često nepotpuni, koji puta prikriva pravu istinu predstavnik poduzeća, da zaštiti svoju krivnju, jer nije proveo izvjesne zaštitne mjere, ili pak radnik, da prikrije svoju nedisciplinovanost u radu. No najčešće se događa da se onaj, koji je opisao tok nesreće u poduzeću, nije trudio da uistinu ispita uzroke, već je ispunio formular prijave za nesretni slučaj bez posebnog interesa. No treba i to naglasiti, da uzroke ozljeda na radu nije ni lako ispitati. Osim toga rijetko je kada u toku same nesreće odlučan jedan faktor, već su većinom od značaja više njih. Uzeli smo kao uzrok one, koji su bili najuočljiviji.

No usprkos svih nedostataka, analiza opisanih 380 nesreća na radu s obzirom na uzroke pokazuje vrlo interesantne činjenice.

U navedenom broju od 380 nesreća leži glavni uzrok, koji posebno iskače, i to kod 93 nesreća ili 24,4% svih analiziranih slučajeva, u neracionalnom načinu rada, lošoj organizaciji rada ili nesigurnim metodama rada. Radi se o veoma krupnim pogreškama. Klasičan je primjer ovaj slučaj: »Velika lokomotiva prevrnula je kod sudara malu lokomotivu. Zbog naglog udara ispao je unesrećeni iz male lokomotive, koja se na njega prevrnula, pa je poginuo«. Jasno je, da na dotičnom gradilištu nije bio ispravno organiziran unutarnji transport, kad je došlo do sudara.

Iza toga slijede dvije skupine uzroka, svaka sa 55 ozljeda na radu ili po 14,5% svih analiziranih slučajeva. Kod jedne skupine uzrok glasi: »nedostatak zaštitnog uređaja ili nedostaci u njegovoj konstrukciji s obzirom na sigurnost«. Navodimo tipičan primjer za tu skupinu. »Pri ulasku u pristupni tunel, koji vodi na radno mjesto, nije opazio otvor za dizanje materijala, pao je kroz taj otvor sa visine od 2,5 metra i teže se povrijedio«.

Kod druge skupine uzrok se odnosi na: »neispravnu ili neurednu opremu radilišta«. Tu se najčešće radi o neispravnom postavljanju skela. Jedan slučaj glasi: »Unesrećeni je skidao motkom šablone sa stropa, te je stajao na skeli. No iznenada uslijed njegovih pokreta u radu skela se jače zanjihala i on je pao na pod«.

Naredna grupa uzroka, sa 42 nesreće odnosno 11,5%, otpada na: »neispravnost uređaja procesa proizvodnje ili poremećenja tehnološkog procesa. Među ostalim opisan je i ovaj slučaj: »Mina je zatajila radi neispravne korde. Unesrećeni je pošao na dotično mjesto čistiti, mina je naglo eksplodirala i ranila ga u ruku«.

Još je jedna skupina sa razmjerno velikim brojem nesreća — bilo ih je 40 t. j. 10,5% svih analiziranih slučajeva —, koja se odnosi na: »neispravno stanje ili nedostatak zaštitnih sredstava«. Najviše radnika u ovoj skupini ozlijedilo je kod obrade kamena oči, jer nije imalo zaštitnih naočala. Ima dakako i slučajeva pada sa krova, jer radnik kod rada nije bio vezan.

U daljnjim grupama uzroka nesreća, kod kojih je bio odlučan lični momenat, svrstali smo 80 nesreća. Od toga se 52 ili 13,7% svih analiziranih slučajeva odnosi na kršenje radne discipline, kao: prilaz nedopuštenim mjestima, skidanje ili udaljivanje zaštitnih naprava, podmazivanje strojeva dok su u pogonu i t. d. Na pr. »zaposlen kod dizala za beton mazao je u času nesreće kalofonijem nutarnje strane remena, koji je bio u pogonu. Kod toga mu se ruka prilijepila za remen i ovaj je ruku povukao pod kotač«. Bila mu je amputirana desna šaka.

Treba napomenuti, da se ipak ne može kod »nediscipliniranosti u radu« krivnja bacati isključivo na radnika. Velikim su dijelom krivi majstori i predradnici, koji nisu uveli pravilne metode rada, nego čak i sami podmazuju stroj dok je u pogonu i slično.

Nadalje kod 16 slučajeva, t. j. 4,2% svih slučajeva, proizlazi kao uzrok: »Fizičke ili psihičke mane ili lične osebine, te bolesti«. Samo kod sedam nesreća moglo se iz opisa vidjeti da je uzrok ozljedi: »nedostatak znanja ili vještine«. Sigurno je taj broj mnogo veći. Interesantno je, da se iz opisa ozljeda moglo kod tri slučaja utvrditi kao uzrok ozljedi: »umor«, a kod jedne ozljede »uživanje alkohola«. Kod jednog slučaja vidi se nepravilan običaj mnogih radnika, da ujutro ne jedu ništa, već prvi obrok uzimaju za vrijeme pauze rada. U navedenom slučaju taj loši običaj imao je kobne posljedice: »bio je zaposlen na postavljanju skele za popravak fasade. Kako ujutro nije ništa jeo, bilo mu je slabo, dobio je vrtoglavicu te je pao sa skele na pločnik«.

Kao što je već napomenuto, kod većine ozljeda postoji više faktora, odnosno uzroka, no nije moguće pokazati sve njihove permutacije. Na pr. kod 18 nesreća bio je uzrok radne okoline »zakrčenost radilišta« kombiniran s ličnim faktorom »kršenje radne discipline« i t. d.

Iako su opisi nesretnih slučajeva dosta oskudni, ipak se mogao dobiti utisak o krivnji u vezi s uzrokom događaja nesreća. Prema tome krivnja leži na

a) majstoru ili šefu odjela	u 168 slučajeva,	44,2%
b) radniku samom	u 138 slučajeva,	36,3%
c) rukovodstvu poduzeća	u 38 slučajeva,	10,0%
d) drugom radniku	u 36 slučajeva,	9,5%
	u 380 slučajeva,	100,0%

Naravno, i ovdje treba upozoriti, da je krivnja pronađena subjektivno prema opisima samih nesreća.

Iz naredne tabele vidi se, koje su vrste ozljeda u analiziranim slučajevima bile najčešće:

Razderine i rane	slučajeva 120 ...	31,6%
Prsti	43 ...	35,8%
Predio kuka	22 ...	18,4%
Šaka	18 ...	15,0%
Potkoljenica	12 ...	10,0% itd.

Prelom ekstremiteta	slučajeva	89 ...	23,4%
Potkoljenica		21 ...	23,6%
Podlaktica		18 ...	20,2%
Nadkoljenica		16 ...	18,0%
Gležanj		13 ...	14,6% itd.
Očtećenje stranom tvari, koja je prodrla kroz prirodni otvor tijela	slučajeva	46 ...	12,1%
Oči		46 ...	100,0%
Unutrašnje povrede grudnog koša, trbuha i zdjelice,	slučajeva	29 ...	7,6%
Opekline		6 ...	1,6%
Prsti		4 ...	66,6%
Ostalo		90 ...	23,7%
	Ukupno:	380 ...	100,0%

Od tih 380 nesretnih slučajeva bilo je njih 59 ili 15,6%, koji su svršili smrću.

Ozljede koje su se dogodile na putu na rad ili sa rada.

Slika ozljeda, koje su se dogodile građevinskim radnicima na putu na rad ili sa rada, posve je drugačija od one, koju smo vidjeli na njihovim radnim mjestima. To je slika koja nije specifična upravo za građevinske radnike, već za sve one koji stanuju daleko od svojih radilišta. Prema događajima od 65 obrađenih nesreća izrađen je popis izvora i uzroka. Te su nesreće uglavnom karaktera prometnih nesreća.

Dok kod nesreća pri radu po izvorima najveći dio otpada na mjesta u prostoru na radilištu, kod nesreća na putu na rad ili sa rada glavni su izvori nesreća transportna sredstva, pa njih otpada 42 slučaja.

Prometna sredstva:		Mjesta u prostoru:	
1. Čamac	1	1. Put	16
2. Kamion	23	2. Jarak	4
3. Vlak	9	3. Stepenice	1
4. Motorni kotač	1		21
5. Kola zaprežna	2		
6. Dvokolica	3		
7. Električni tramvaj	2		
8. Industrijska željeznica	1		
	42		

Još su bila dva slučaja, i to jedan s izvorom »grom«, a drugi s izvorom »vinska čaša«. Radnik koji se vraćao s rada kući sklonuo se zbog jake kiše pod krov barake, u koju je udario grom i usmrtio ga. Drugi radnik navratio je poslije rada u gostionicu, lupio navodno čašom o stol, ova se razbila i teško mu povrijedila desnu ruku. (Tu nesreću naravno ne priznaje socijalno osiguranje kao nesretni slučaj na radu, no sa gledišta prevencije nesreća na putu na rad ili sa rada u vezi suzbijanja alkoholizma za nas je ona jednako važna).

Analizirajući uzroke tih 65 nesreća, vidi se da je kod 37 glavni lični faktor, i to u 19 slučajeva kršenje discipline, kao upotreba vozila, koja nisu namijenjena za transport radnika, upotreba poprečnog puta, skakanje preko graba i skakanje na vlak, tramvaj i druga transportna sredstva u pokretu. Zatim otpada 11 slučajeva na nepoznavanje opasnosti, nedovoljno prosuđivanje udaljenosti u prostoru itd. 4 slučaja odnose se na umor zbog predugog pješačenja, 2 slučaja uzrokovana su uzbuđenjem, a jedan uživanjem alkohola.

U drugu grupu sa 21 slučajem spadaju nesreće, koje su se dogodile zbog neispravnih saobraćajnih puteva, vremenskih nepogoda i sudara prometnih sredstava.

Nedostatna organizacija prevoza radnika na rad i sa rada uzrokovala je nesreće u 7 slučajeva.

Tu kratku i grubu analizu izradio je odjel za higijenu rada Centralnog higijenskog zavoda sa ciljem da upozori zainteresirane na najvažnije momente kod smrtnih i teških ozljeda u građevinarstvu.

Postavlja se pitanje: Kako treba organizirati suzbijanje ozljeda na radu na radilištima?

U prvom je redu potrebno da poduzeća imadu posebnu osobu, koja će voditi brigu o zaštiti kod rada, koja će se uopće brinuti za ljude. Ta osoba mora voditi računa, da se s postojećim propisima upozna u detalje uprava poduzeća, radnički savjet, majstori i preko ovih čitav radni kolektiv. Upravi poduzeća treba da odgovaraju majstori i predradnici za svaku ozljedu radnika kojima rukovode. Posebno treba nadzirati sve radne grupe s obzirom na pravilan rad. Dok bi taj nadzor morao vršiti građevni inženjer, osoba koja bi vodila brigu o zaštiti na radu može biti s kvalifikacijom srednjeg tehničara. No posebno treba upozoriti, da dužnost tog srednjeg tehničara nije samo provođenje tehničke zaštite u radu. Raniji prikaz dosta je jasno pokazao, od kako su ogromne važnosti lični faktori kod događaja ozljeda. Treba se brinuti i o stanovanju i ishrani radnika, o socijalnim prilikama u kojima žive, o brigama koje ih muče, o bolestima od kojih boluju itd.

Što je sređeniji život radnika, to je manje mogućnosti za događaj nesretnog slučaja.

Osoba kojoj je povjerena briga za ljude i suzbijanje ozljeda na radu služi se različitim metodama i sredstvima. Organizirati aktiv za suzbijanje ozljeda na radu u poduzeću korisna je metoda. Filmovi i diafilmovi uz popratna predavanja efektna su sredstva, itd. Postoje međutim još mnogo korisnije metode suzbijanja ozljeda, kao što su medicinski i psihološki pregledi radnika i drugo, no zasada nismo još u mogućnosti da takav način rada postavimo na široku bazu.

Ako međutim navedemo barem ono što je napomenuto, pa izaberemo podesnu osobu koja će imati interesa za taj posao, sigurno ćemo spriječiti veliki broj ozljeda.

IZ INOSTRANIH ČASOPISA

DANAŠNJE METODE I MOGUĆNOSTI PREDNAPREGNUTOG BETONA

(Technische Rundschau, Bern, februar 1954)

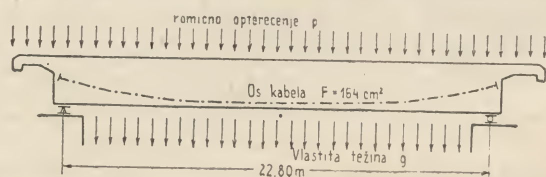
U članku pod gornjim naslovom izlaže ing. Mirko Robin Roš iz Züricha suštinu i današnje stanje primjene prednapregnutog betona.

Uvod

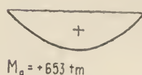
Prvi pokusi s prednaprezanjem betona vršeni su pred blizu 70 godina (u 1886 god.). Imali su svrhu da spriječe stvaranje naprslina u betonu, ali nisu uspjeli. Uzroci neuspjeha su danas poznati. Prvi je Eugène Freyssinet u potpunosti shvatio, da je za izradu prednapregnutog betona potreban visok kvalitet betona i čelik sa granicom izduženja preko 4 000 kg/cm².

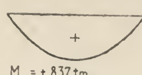
Freyssinet već 1928 god. propagira prednapregnuti beton. To su, po njemu, konstrukcije koje se umjetno podvrgavaju stalnom naprezanju, u cilju da se postignu dodatni naponi suprotnog smjera od napona koji nastaju od vlastite težine i pokretnog opterećenja.

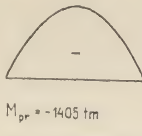
U slici broj 1 dat je jednostavan primjer: prosta greda jednog mosta u Švicarskoj. Kao što se vidi iz



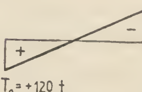
MOMENTI:

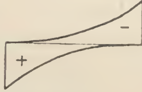


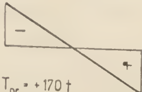




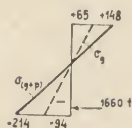
POPREČNE SILE:

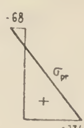


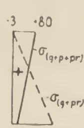




NAPONI u sredini polja u kg/cm²:







Sl. 1

slike, prednaprezanjem pomoću zakrivljene armature djelomice se anuliraju ne samo momenti, već i poprečne sile. Tlačni napon u betonu od prednaprezanja iznosi 234 kg/cm², vlačni 68 kg. Uz sudjelovanje vlastite težine vlačni se napon gotovo izgubi, a tlačni padne na 144 kg/cm². Kad se most optereti i pokretnim teretom, napon betona na tlak je veći u gornjem dijelu presjeka nego u donjem, ali iznosi svega 80 kg/cm² (jedna od bitnih karakteristika prednapregnutog betona jest ta, da su naponi najveći kod prednaprezanja, a pod djelovanjem vlastite težine i korisnog opterećenja postaju sve manji).

Da je ovaj isti most bio izveden od običnog armiranog betona, bila bi potrebna armatura tri puta većeg presjeka, a jer se toliko željeza ne bi moglo strpati u uski betonski profil, morale bi se povećati i dimenzije betonskog presjeka, čime bi se povećala vlastita težina i t. d.

Prednaprezanjem se postižu ove prednosti:

nema naprslina u vlačnoj zoni;

tlačna zona se rasterećuje;

poprečne sile i poprečni naponi se smanjuju;

ne javljaju se kosi glavni vlačni naponi ili su beznačajni;

smanjuje se presjek, dakle i vlastita težina, odnosno povećava se moć nošenja (iz razloga navedenih u prethodnom stavu);

pojedini dijelovi betonske konstrukcije mogu se solidarizirati, spojiti ujedno (kao što se dijelovi čelične konstrukcije mogu zavariti).

Zbog tih velikih prednosti neki (među njima i Freyssinet) vide u prednapregnutom betonu posve novu vrstu betona, a ne poboljšani armirani beton. Poboljšanim armiranim betonom bi se, možda, mogao nazvati onaj, kod koga se dopuštaju manje naprsline, i prednaprezanje se ne vrši do kraja, već jedino u cilju da se omoguće veći naponi u čeliku, dok Freyssinet insistira na tom da se izvrši puno prednaprezanje, t. j. da se posve isključi pojava tlačnih napona, a time i naprslina u betonu.

2. Sigurnost protiv sloma

U većini slučajeva za lom je mjerodavna armatura, dakle je opterećenje pri slomu određeno vlačnom čvrstoćom odnosno granicom istezanja armature.

Kod statičkog opterećenja je moment pri slomu prilično neovisan o veličini prednaprezanja. Uz jednaki krak moraju i unutrašnje sile pri lomu, vlačna u čeliku i tlačna u betonu, biti kod običnih i prednapregnutih konstrukcija jednake. (Uštede koje se kod većih raspona postižu smanjenjem vlastite težine spomenute su ranije).

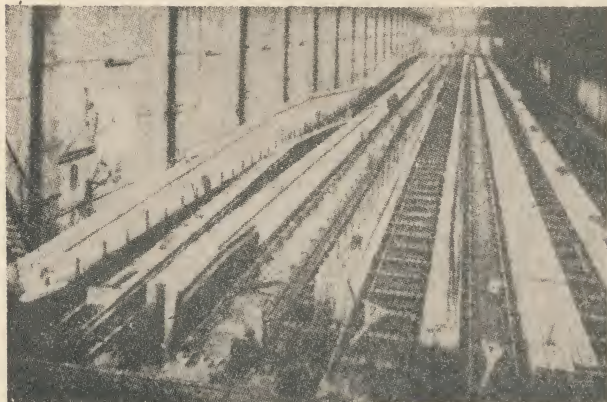
Naprotiv, kod naprezanja na zamor prednaprezanje bitno utječe na veličinu momenta pri slomu (taj moment je to veći što je jače prednaprezanje). Poznato je, da kod punog prednaprezanja promjene napona zbog upotrebnog tereta nisu veće od 500 kg/cm², dok naponska amplituda koja dovodi do sloma iznosi za čelične žice (kvalitete kakva je u upotrebi u Švicarskoj) oko 3000 kg/cm², dakle 6 puta više. Ako se dopuste naprsline, tada su naponska kolebanja u armaturi mnogo viša, a sigurnost protiv zamora se smanjuje. Ako se vrši puno prednaprezanje, t. j. upotrebe žice visokih čvrstoća, poveća se sigurnost protiv sloma od zamora i izbjegne stvaranje pukotina. Zato je autor pristalica Freyssinetova gledišta, da treba vršiti puno prednaprezanje.

3. Industrijska proizvodnja prednapregnutih elemenata

Oko 1930 god. pojavio se Hoyer-ov beton sa čeličnim žicama. U klupama za napinjanje napnu se čelične žice, a zatim ugradi beton. Kad se beton stvrdne i naprava za napinjanje iskopča, žice se skrate i prianjanjem prenesu na beton prednapon.

Po tom sistemu radi na pr. tvornica betonskih proizvoda u Liljeholmen kod Stockholma (slika 2). Žice

su promjera 2 mm, klupe za napinjanje su duge 83 m. Najveće gredice koje se izrađuju u tvornici duge su 31 m i teške 16 tona. Gotovi produkti (gredice, stupovi i krovni vezači) šalju se željeznicom na prosječnu udaljenost 300 km. Lani je tvornica proširena i povećana produkcija iznosi 20 000 m^3 godišnje.



Sl. 2

Tvornica Costain Concrete u Coltnessu (Škotska) proizvodi po istom sistemu 500 000 komada željezničkih pragova godišnje.

I u Njemačkoj se proizvode velike količine željezničkih pragova od prednapregnutog betona (oko 1 milion komada godišnje).

U Švicarskoj su u 1945 god. trojica inženjera (među njima i autor članka) razradili po tom sistemu fabričku izradu stropnih montažnih konstrukcija sa opekama. Sada radi po tom postupku 17 tvornica u 12 zemalja, a dosada je ugrađeno nekoliko miliona m^2.

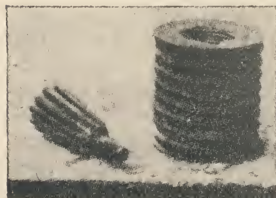
U novije se vrijeme zbog povećanja prionjivosti umjesto glatkih žica upotrebljavaju pretežno izbrazdane žice.

4. Čelik se napinje poslije stvrdnjavanja betona

Prednaprezanje se može izvršiti i tako, da se čelik napinje naknadno, poslije stvrdnjavanja betona.

Nijemci i Francuzi obično nazivaju obje vrste prednapregnutog betona jednako (vorgespannt, précontraint), dok Englezi beton opisan pod 3) zovu »prestressed« (prednapregnuti), a beton pod 4) »post tensioned« (naknadno napeti) beton.

a) *Postupci kod kojih se upotrebljavaju snopovi paralelnih čeličnih žica ispod 10 mm debljine.*



Sl. 3



Sl. 4

Metoda Freyssinet (Francuska). Istovremeno se prednapinju i ukotve sve žice jednog snopa (kabela). Ukotvljenje se vrši s pomoću betonskih konusa (slika 3), a napinjanje s pomoću specijalne prese i provizornog ukotvljenja (slika 4). Žice promjera 5 do 7 mm, a u jednom snopu ih ima 8—18.

Metoda Magnel—Blaton (Belgija). Napinju se dvije po dvije žice, koje se ukotve uklještenjem u ploče posebnog oblika (slika 5).



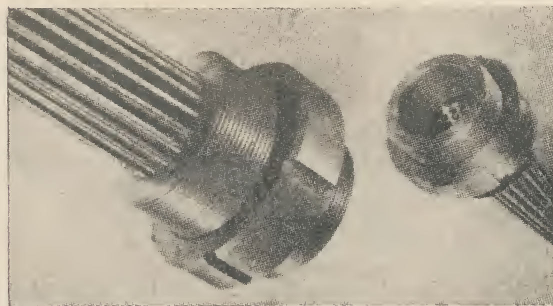
Sl. 5

Metoda BBRV (Švicarska). Nosi ime po inženjerima Brandestini, Birkenmaier, Roš i Vogt. Ukotvljenje se vrši za cio snop žica s pomoću zajedničke glave, u koju se žice sabiju, a zatim cio kabel napinje (slika 6).

b) *Postupci koji upotrebljavaju čelična užeta.*

Sistem Baur—Leonhard (Njemačka). Vidi sliku 7.

Sistem Robling (USA).



Sl. 6

c) *Postupci koji upotrebljavaju čelične šipke.*

Sistem Lee—Mc Call (Engleska). Čelične šipke promjera 13 do 28 mm dobivaju prednapon od 11 do 45 tona. Šipke imaju na krajevima vijčane nareze koji se postepeno gube, tako da matica tek onda hvata sve nareze kad se šipka u izvjesnoj mjeri već izdužila. Tako se sila prenosi postepeno, a šipka ne slabi, iako ima nareze.

Sistem Dywidag (Njemačka). Sličan je prethodno opisanom postupku. Narezi se u šipku utiskuju valjanjem, čime se kvalitet površinskog sloja poboljša, i ne treba računati s oslabljenim presjekom šipke. Šipke promjera 26 mm napinju se do 20 tona.

5. Primjeri interesantnih gradnja u svijetu

Cestovni most kod Heilbronna. Raspon je 96 m, konstruktivna visina u sredini mosta 1,76 m ili 1/56 raspona. Građen je po sistemu Baur—Leonhard.

Most u Neckargartachu istog je sistema. Ima 5 otvora po 43 m.

Most u Wormsu sa 3 raspona preko 100 m (104, 114, 101 m), izveden po sistemu Dywidag.[1]

Most preko zaliva Tampa (USA) najduži je most od prednapregnutog betona na svijetu. ali malih raspona (386 polja po 14,5 m). Rađen je po metodi Lee—Mc Call.

U Americi nema zasada velikih mostova od prednapregnutog betona, ali se prednapregnuti beton uveo ondje gdje je moguća serijska produkcija (jer se uštedi na skupoj radnoj snazi).



Sl. 7

Hangari za londonski aerodrom. Rađeni su metodom Freyssinet. Imaju portale otvora 45 m i sekundarne nosače raspona 33 m, težine 27 t, koji su montirani s pomoću krana.[2]

Tramvajska hala u Stockholmu, sa 10 200 m² površine. Četiri čovjeka su pomoću jednog krana montirali sve stupove i grede u roku 4 nedjelje (slika 8).

6. Stanje u Švicarskoj

U Švicarskoj su osim domaćih sistema u upotrebi i strani. Bilanca dosada izvedenih radova u prednapregnutom betonu po prilici je ovakova:

preko 30 mostova od prefabriciranih elemenata, s rasponima većinom ispod 11 m;

na licu mjesta betonirano je oko 40 mostova dužine 30 do 100 m;

oko 300 industrijskih i ostalih hala;

oko 1 milion m² montažnih stropnih konstrukcija.

S obzirom na to da je Švicarska mala zemlja i da nije stradala u ratu (pa ne treba ratne obnove), te su brojke vrlo visoke.



Sl. 8

[1] Nešto opširnije je dat opis u »Građevinaru« broj 4/1953.

[2] U Željezari Sisak izvedeni su po projektu ing. B. Žeželja nosači od prednapregnutog betona raspona 28 m, težine 22 t, koji su montirani montažnom iglom.

Po švicarskoj metodi BBRV izvode se radovi u mnogim zemljama i na više kontinenata (u Evropi, Africi i SAD).

7. Čelik za prednapregnuti beton

Mišljenja stručnjaka i naučenjaka o prednostima pojedinih vrsta čelika za konstrukciju prednapregnutog betona se razilaze. Ni sa stanovišta producenata čelika nije pročišćeno pitanje, koje vrsti čelika dolaze prvenstveno u obzir.

a) *Čelična žica.*

Patentirana vučena čelična žica. Dobiva svoju čvrstoću opetovanim izvlačenjem u hladnom stanju. Žica nije legirana, ili je vrlo slabo legirana, a sadržina ugljika iznosi 0,6 do 0,8%. Čvrstoća na zatezanje za žicu promjera 5 do 7 mm iznosi oko 16 000 kg/cm². Te su vrste žice žilave i relativno neosjetljive za slučajne udarce i utjecaje korozije. Izduženje pri slomu relativno je malo (oko 4%). Skuplja nego druge vrste žica.

Očvršćivana žica. Čvrstoća se ne dobiva izvlačenjem, već nizom naizmjeničnih toplotnih postupaka. Zato taj čelik ne pokazuje uzdužnu orijentaciju kristalne strukture, koja karakterizira vučenu žicu, već ima istu strukturu u uzdužnom i poprečnom presjeku. Zbog toplotne obrade ova žica ima tamnu, gotovo crnu površinu. Dijagram rastezanja je lijep. Do granice velikih izduženja on je gotovo pravolinijski, ima jasno markiranu granicu razvlačenja i veće izduženje pri lomu nego vučena žica. Žica je redovno i jeftinija od vučene žice, ali je osjetljivija za oštećenja površine i lakše podleži koroziji.

Fil machiné. Upotrebljava se u najnovije vrijeme u Francuskoj, osobito kod sistema Freyssinet. Ta se žica izrađuje toplim postupkom, ali se najzad podvrgava izvlačenju na hladno do 12 000 kg/cm². Njezina čvrstoća iznosi oko 14 000 kg/cm², dakle je dosta malena, ali je žica jeftinija nego prve dvije vrste, a k tome se izrađuje, na zahtjev, i u većim debljinama (8 do 10 mm).

b) *Šipke od tvrdog čelika.*

To su specijalne vrste legiranog čelika, koje bez naknadne obrade postižu granicu izduženja do 6 000 kg/cm², a sadrže oko 0,5% ugljika, 0,8% mangana i 1 5 do 2% siliciuma (takav je čelik Rheinhausen Sigma 60/90, koji se upotrebljava kod Dywidag postuka). Te šipke dopuštaju samo razmjerno nisko prednapinjanje. Ako se ono vrši do 85% od čvrstoće na granici izduženja, t. j. do 5 000 kg/cm², tada po odbitku 1 500kg/cm² za skupljanje i puzanje ostaje za trajan prednapon samo 3 500 kg/cm², dakle skoro tri puta manje nego kod žica pod a).

c) *Hladno izvlačene i uvijane šipke od čelika.*

To mogu biti ili visokolegirani čelici sa slabijom obradom na hladno ili slabije legirani čelici sa jačom obradom. Imaju granicu izduženja 9 500 kg/cm², a čvrstoću na zatezanje do 11 000 kg/cm² (na pr. čelik za Lee—Mc Call postupak). Dopušta veće prednapone nego njemački Sigma čelik, ali je zbog velike tvrdoće nespretniji kod upotrebe (pitanje je, da li se u njega mogu uvaljati navoji).

U Švicarskoj još nisu vršena bliža ispitivanja čelika pod b) i c).

8. Zaključak

Iako je primjena prednapregnutog betona tek u razvoju, i svi momenti sa znanstvenog gledišta još nisu posve objašnjeni, materija je svladana u toj mjeri, da

se te konstrukcije mogu bez ikakva rizika primjenjivati u praksi.

Statički račun ne zadaje nekih naročitih poteškoća, iako traje nešto duže nego kod običnog betona. Mora se računati naponsko stanje pod upotrebnim teretom i sigurnost protiv loma (dakle ispitati ponašanje konstrukcije u elastičnom i plastičnom području). Kod statički neodređenih konstrukcija treba uzeti u obzir utjecaj prednapona na deformaciju nosača i s time vezanu promjenu statički neodređenih veličina. Treba voditi računa o trenju kod zakrivljenih kabela.

Izvedba mora zadovoljiti ove uvjete:

kvalitetan beton;

pravilan izbor načina prednapinjanja;

kontrolu kvalitete čelika;

pažljivu izvedbu injektiranja kabela (to je vrlo važno ne samo zbog zaštite čelika od korozije, već i zbog povezanosti čelika i betona).

Naročita prednost prednapregnutog betona je u tom, da se kod prenapinjanja u čeliku i betonu javljaju naponi veći od onih, koji će se pojaviti kasnije, pri punom opterećenju. Prednapinjanje je, dakle, ujedno i pokusno opterećenje, pa su nezgode isključene.

Tendencija u razvitku su ove:

čak i oni koji principijelno stoje na stanovištu punog prednaprezanja skloni su da kod statički neodređenih konstrukcija iz ekonomskih razloga dopuste izvjesni ograničeni napon zatezanja u betonu;

kombiniranje predfabriciranih prednapregnutih elemenata s običnim armiranim betonom ili prednapregnutim betonom rađenim na licu mjesta;

daljnje usavršavanje industrijskog načina izrade gotovih dijelova i racionalizacija montaže takvih elemenata.

B. P.

PRILOG ISPITIVANJU ČVRSTOĆE UGRAĐENOG BETONA ČEKIĆEM NA PERO

(Allgemeine Bauzeitung, Wien, septembar-novembar 1953)

U uvodu autor (dr. techn. A. Stadler) izlaže, na koje se sve načine može utvrditi čvrstoća ugrađenog betona. On svrstava mogućnosti u tri glavne grupe.

A. izračunavanje;

B. ispitivanje probnih tijela do loma;

C. ispitivanje ugrađenog betona bez oštećivanja konstrukcije.

Ad A. Račun se vrši na temelju poznatih svojstava upotrebljenog materijala, omjera mješanja i t. d. Poznate su formule i krivulje koje su dali Feret, Abrams, Bolomey, Hummel i t. d. Glavni je nedostatak svih tih metoda, da ne mogu obuhvatiti sve faktore koji dolaze u obzir.

Ad B. Probna tijela mogu se izraditi:

a) zasebno (iz istog materijala koji se ugrađuje) ili

b) isjeći iz gotove konstrukcije.

Ad a). Austrijski propisi traže jedno ispitivanje (tri kocke) za svakih 200 m^3 ugrađenog betona marke 50 do 120 i za svakih 100 m^3 betona marke 160 do 300. Na sigurnost rezultata ispitivanja mogu utjecati razne okolnosti kod ugradnje u objekt i u probna tijela (naročito kod vibriranog betona i sl.). Prema nekim ispitivanjima, koja su vršili H. Buchartz, O. Graf i F. Weise, može se zaključiti da su čvrstoće kocke kod betona kao zemlja vlažnog za 22% više nego čvrstoće betona u objektu, a kod tekućeg betona da su one jednake (ali to su samo prosječne brojke, okolnosti kod betoniranja su vrlo različite i t. d.).

Ad b). Ovaj način je svakako pouzdaniji nego a), ali je skuplji, nespretniji, a najzad opet nesiguran, jer daje čvrstoću samo onog dijela objekta iz koga je proba izvađena. Kod nestručnog vađenja uzorka čvrstoće mogu da padnu do 50%. Konstrukcija se oštećuje i t. d.

Ad c). Ovakva ispitivanja od interesa su naročito onda, ako su rezultati ispitivanja kocaka nepovoljni, ako se naknadno poveća opterećenje postojećih konstrukcija, ako treba odrediti ranije rokove skidanja oplate i sl. Ona su pogodna, ako se mogu izvršiti brzo i jeftino na mnogo raznih mjesta konstrukcije, pa makar i sa manjom točnošću. Preteča ovih ispitivanja je poznati subjektivni način ispitivanja: kuckanje čekićem po betonu i prosuđivanje kvalitete prema zvuku udarca. Ova ispitivanja mogu se podijeliti u više skupina (a—f).

a) U prvu skupinu spadaju metode utiskivanja tvrdog tijela (obično kugle) u materijal koji se ispituje. Iz veličine udubine se ustanovi tvrdoća materijala, a po njoj se sudi na čvrstoću. Te su metode zaveli Brinell, Vickers i Rockwell za ispitivanje metala, a kasnije su primijenjene i na beton. Utiskivanje tvrdog predmeta može se vršiti statičkim ili dinamičkim tlakom. Statičkim tlakom se beton rijetko ispituje. (Taj način ispitivanja zahtijeva velike pripreme, koje se teško provode na gradilištu). Utiskivanje dinamičkim tlakom vrši se na razne načine. Autor spominje ove:

1. Metkom iz pištolja. Tu je metodu zaveo ruski inženjer Skramtajev 1934 godine. Metak je težak 7 g, ima početnu brzinu 275 m/sek, a pali se iz 8 m udaljenosti okomito na površinu betona. Mjeri se promjer i dubina kratera koji iskopa metak, pa se iz njegovog obujma sudi o čvrstoći betona (na pr. kod marke betona 200 iznosi taj obujam 1,3 cm^3, kod marke 90 iznosi 5 cm^3). Pogreška iznosi navodno $\pm$ 20 do 25%.

2. Udarcem čekića, koji se vrši naglim odapinjanjem spiralnog pera. Čekić udara na kuglicu postavljenu na površinu betona. Taj način, koji je zamislio K. Gaede u 1932 god., našao je prilično široku primjenu, i o njemu autor govori u drugom dijelu svog članka opširnije (vidi niže).

3. Udarcem čekića koji je učvršćen na njihalu (čekić ima na svom kraju kuglu). Njihalo se podigne u najviši položaj i ispusti iz ruke. Poslije udara o beton njihalo se pridrži (da ne bi daljnji udarci kvarili sliku jačine prvog udarca), izmjeri promjer udubine u betonu i po tome sudi o čvrstoći betona. Ta metoda se može upotrebiti samo na vertikalnim plohama (zidovima i stupovima).

4. Slobodnim padom utega na čeličnu kuglicu koja leži na betonu i na njemu ostavi udubinu. Taj je način nepodesan, jer je gornja (slobodna) površina betona redovno slabije kvalitete.

b). Volf i Skramtajev prosuđuju čvrstoću betona po njegovoj čvrstoći za vlak. Oni mjere, kolika je sila potrebna da se iz betona izvuče ubetonirana čelična šipka. Metoda nije jednostavna (potrebni su aparati za mjerenje vlačne sile), a nije ni pouzdana.

c). Slični su ruski pokušaji da se čvrstoća betona za tlak ustanovi u odnosu na čvrstoću betona za smicanje izvlačenjem čelične šipke iz betona kroz ubetoniranu čeličnu cijev..

d). Schmidt ustanovljuje čvrstoću betona mjereći odskok čekića, koji stanovitom snagom udari o beton. To je zapravo objektivizirana »metoda čekića« praktičara. Nepouzdana je.

e). Neki su pokušali zaključivati po čvrstoći po brzini prodiranja udarne bušilice kroz beton.

f). Izračunavanje čvrstoće iz modula elastičnosti E. Ovu metodu propagira prof. R. L'Hermite sa svojim suradnicima. Oni se služe formulom:

$$E = k \sqrt{\sigma}$$

(Ako je σ tlak, k se kreće između 3000 i 23000, ako je σ vlak, k je negdje kod 70000). Modul elastičnosti betona izračuna se iz mjerenih deformacija konstrukcije ili iz poznatih modula elastičnosti pojedinih sastojaka betona ili s pomoću utrazvuka tzv. dinamičnom auskultacijom.

U drugom dijelu svoga članka autor najprije naširoko izlaže historijat metode ispitivanja čvrstoće betona udarcem čekića sa spiralnim perom na kuglicu postavljenu na površinu betona, a zatim nastavlja teoretskim izlaganjima i daje rezultate svojih ispitivanja tim čekićem. Iako je uvedeno već nekoliko tipova takvih čekića (Werner, Baumann, Frank), autor je konstruirao vlastiti tip čekića. Njegov čekić je najsličniji tipu Baumann, ali ima prednost da se udarni rad čekića može kontinuirano regulirati, i to u granicama od 72 kgmm do 300 kgmm.

Kod ovoga postupka čeličnu kuglicu postavljenu na beton utiskuje u betonsku površinu čekić, koji je doveden u gibanje naglim odapinjanjem čeličnog spiralnog pera. Kuglica ima određen promjer i ona ostavlja na betonskoj površini udubinu, koja je to su razni konstrukteri čekića različito, najčešće promjenljivo u ovisnosti o tvrdoći betona). Autor je kod svojih pokusa upotrebljavao stalno kuglicu istog promjera (10 mm). Promjer udubine u betonu ovisi osim o promjeru čelične kuglice i jačini pera čekića i o položaju čekića. Ako je čekić postavljen vertikalno prema dolje, bit će promjer udara najveći (uslijed djelovanja sile teže na čekić stvara se dopunska udarna energija). Kod horizontalnog položaja čekića bit će udarac slabiji, a kod čekića uperenog prema gore najslabiji. Razlika u promjeru udubine nastala zbog položaja čekića nije velika i iznosi kod autorovog čekića 2,6% (odnosno 5,6%).

Beton je konglomerat iz zrna kamena i cementnog kita. Za lom takvog konglomerata mjerodavan je slabiji medij. Najčešće se izrađuje beton s »teškim« agregatima t. j. sa zrnima iz kamena, koji ima čvrstoću za tlak između 800 i 4000 kg/cm² i za vlak između 40 i 120 kg/cm², dok se čvrstoća za tlak cementnog morta kreće između 100 i 700 kg/cm² a za vlak između 20 i 60 kg/cm². Redovno će, dakle, za čvrstoću betona biti mjerodavna čvrstoća cementnog kita, a za nju je odlučna čvrstoća (marka) cementa i vodocementni faktor. Ostali činioci (sastav agregata, njihova čvrstoća i t. d.) od manje su važnosti. Pretpostavka je, naravno, da cementnog kita ima dovoljno da obavije sva zrna agregata i da popuni sve šupljine u betonu

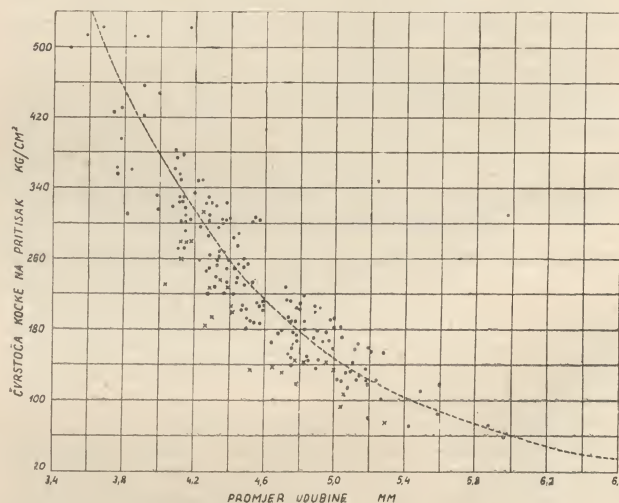
Iz prednjeg proizlazi da kod ispitivanja čvrstoće betona s pomoću čekića i kuglice treba paziti da se kuglica postavi na cementni mort, a ne na zrno agregata (jer bi se dobili pretjerano povoljni rezultati). S druge strane, iz prednjeg proizlazi i to da se od ovog načina čvrstoće ne mogu uopće očekivati suviše točni rezultati.

Iz promjera udubine d sudi se o tvrdoći i čistoći betona. Autor je izvršio na Institutu za ispitivanje Tehničke visoke škole u Beču na pokusnim kockama čitav niz pokusa sa svojim čekićem, da bi dobio što jasniju sliku odnosa između promjera udubine d i čvrstoće kocke W_{1}. Najprije je na svakoj postranoj plohi kocke izvršio po 20 udaraca čekićem, a zatim je pod presom od 200 tona ustanovio čvrstoću te iste kocke. Udarce čekićem na dno i gornju površinu kocke nije vršio. Promjere utisnute kalote (udubine) mjerio je u dva uzajamno okomita smjera mikroskopom tvrtke Reichert sa točnošću 1/10 mm (u praksi na gradilištu promjer udubine se mjeri običnim pomičnim mjerilom ili s pomoću mjerila s noniusom nanesenog na providnoj skali i povećala).

Promjeri udubina od pojedinih udaraca čekićem na jednoj istoj kocki redovno se nisu znatno međusobno razlikovali. Jače razlike su se javljale kod betona siromašnih cementom, koji su bili ručno miješani, što upućuje na to, da su rezultati davali sliku nehomogenosti cementnog morta u betonu.

Rezultate svojih pokusa autor je iznio u grafikonu (vidi sliku). Svaka od 211 točaka na slici predstavlja rezultat pokusa na jednoj kocki. Rezultate koji su označeni sa x autor isključuje zbog raznih griješaka i odstupanja kod izrade i njege kocke. Točkama linija predstavlja autorov prijedlog krivulje odnosa između promjera d i čvrstoće kocke W_{1}. Njezina jednadbža glasi: $W_{1} = 15538 : 2{,}5396^{d}$.

Kao što se vidi iz slike, rasturanje pojedinačnih rezultata je još uvijek vrlo veliko, iako je autor posvetio najveću pažnju provedbi ispitivanja, da bi što više izbjegao netočnosti. Jedan dio uzroka za ovako veliko rasturanje leži u spravama za ispitivanje (čekiću odn. presi za ispitivanje kocaka). Važnija su ne-



slaganja koja potječu iz različitosti oblika, veličine i sastava (granulacije) šljunčanog agregata. Čekić daje čvrstoću morta. presa daje čvrstoću betona kao cjeline. Tek daljnja detaljna ispitivanja će pokazati, koje su okolnosti odlučne za tako veliko rasturanje rezultata.

Ali se već sada može reći da se udarni čekić sa čeličnim perom može s uspjehom upotrebiti na gradilištima za ispitivanje stanja stvrdnjavanja betona prije skidanja oplate i kao orijentaciona metoda u slučajevima sumnje u solidnost izvedbe novih konstrukcija, kao i za ocjenu kvaliteta betona u starim konstrukcijama, koje treba da prime povećana opterećenja, a za koje nema pouzdanih podataka o načinu izvedbe. Čekić može dobro da posluži i kao kurentna kontrola raznih prefabrikata od betona, gdje nema toliku ulogu apsolutna vrijednost čvrstoće, koliko jednoličnost kvaliteta proizvoda. Kod svih tih ispitivanja ispitivani se predmet (konstrukcija) ne oštećuje gotovo nimalo.

B. P.

PROJEKT ŽELJEZNIČKOG TUNELA 55 KM DUGOG NA BRENNERU

(Verkehr und Technik, april 1953)

Sadašnja željeznička veza Italije i Austrije preko Brennera vrlo je skupa u eksploataciji. Obostrani usponi su vrlo jaki i pruga se penje na visinu od 1307 m nad morem. M. H. Wilde daje opis projekta nove trase pruge, prema kome bi se maksimalni uspon smanjio na 7,5%, a najviša kota pruge na 807 m. Međutim, trebalo bi izgraditi tunel dug preko 55 km. Predviđa se izgradnja dva paralelna tunela polukružnog profila promjera 6 m (dva paralelna tunela su povoljnija za građenje). Računa se da bi se suvremenom opremom moglo za 24 sata dovršiti 20 m kompletnog tunela i da bi se građenje cijelog tunela izvršilo za 5 do 6 godina, dakle u razmjerno kratkom roku (20 km dugi simplonski tunel gradio se 8 godina). Nova pruga bi bila na električni pogon i mogla bi privući na sebe velik dio prometa između centralne i južne Evrope.

Postojeća željeznička pruga bi se pretvorila u autoput.

B. P.

ČIKAŠKI KOLOSEUM IMAT ĆE POVRŠINU OD 45 000 m²

(Engineering News Record, New York ,decembar 1953)

Dogotovljen je projekt za najveću na svijetu halu za javne skupove, koja će se graditi u Čikagu. U tlocrtu je hala kvadratnog oblika 213 m × 213 m. Ona nema nijednog unutrašnjeg stupa. U njoj će biti 50 000 sjedaćih mjesta.

S konstruktivnog stanovišta projekt je vrlo zanimljiv. Pažnju privlači krovna konstrukcija: to je mreža dvaju uzajamno okomitih sistema zavarenih rešetkastih nosača, koji imaju na mjestima ukrštavanja zajedničke vertikalne štapove (vidi sliku). Nosioci su 9 m visoki, a bit će postavljeni na međusobnu udaljenost od 6 m. Ukupna težina čelične konstrukcije iznosit će od 120 do 145 kg na m² tlocrtne površine.

Visina zgrade bit će 32 m nad uličnim nivcom. Pod u unutrašnjosti zgrade bit će 3 m ispod uličnog nivoa, tako da će slobodna visina prostorije iznositi 26 m.

Hala će se u slučaju potrebe moći pregraditi pomičnim zidovima u više dijelova (za manje skupove, izložbe i sl.).

Restauracija, prostorije za konferencije i pomoćne prostorije bit će smješteni u aneksu.

Građevni troškovi (bez gradilišta) cijene se na oko 10 miliona dolara, od čega otpada na građevinske radove oko 5,5, a na klimatizaciju, osvjetljenje i druge instalacije oko 4,5 miliona dolara.

Projektant arhitekt je Ludwing Mies Van der Rhohe, a inženjer konstrukter Frank J. Kornacher.

B. P.

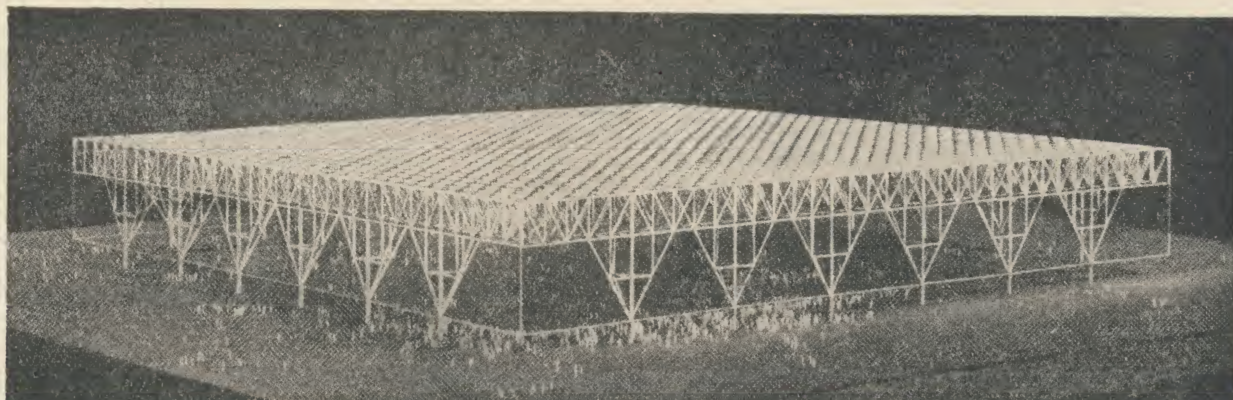
POŽARNI ZID OKO REZERVOARA NAFTE OD PREDNAPREGNUTOG BETONA

(Engineering News Record, New York, decembar 1953)

Oko rezervoara nafte redovno se podižu zemljani nasipi, koji tvore basene, da bi se u slučaju kvara rezervoara spriječilo razlijevanje nafte i širenje požara.



Kako je u Pittsburgu zemljani materijal nepogodan za izradu nepropusnih nasipa, a k tome je i skup, odlučeno je kod gradnje jedne tamošnje energane da se oko čeličnih rezervoara za naftu umjesto zemljanih nasipa podignu zaštitni zidovi iz prednapregnutog betona, izvedeni na montažni način. Budući da se zid može izvesti i znatno viši nego što se grade nasipi od zemlje, postignuta je i velika ušteda na otkupu skupog gradilišta. Za 6 rezervoara (svaki sa sadržinom od 26 000 m³) trebalo je u svemu 10 umjesto 16 hektara zemljišta.



Požarni zidovi oko pojedinih rezervoara imaju oblik valjka promjera 90 m, visine 7 m. Izvedeni su od prefabriciranih ploča veličine 7 m×3 m, debljine 33 cm. Ploče imaju laku unakrsnu montažnu armaturu, a podizane su uz pomoć krana na gusjenicama (vidi sliku). Nakon što su sve ploče bile postavljene, izvršeno je prednaprezanje. Statički račun je proveden tako, da se kod punog basena ne pojavljuju u betonu vlačna naprezanja.

Čelične žice promjera 4 mm napinjane su metodom »preload« do 7000 kg/cm². Pri vrhu je jedna žica od druge udaljena 8 cm, dok pri dnu dolazi na 10 cm visine 40 žica (zato su tamo polagane u više slojeva). Pneumatska žbuka zida izvana je pri vrhu 2 cm, a pri dnu 4,5 cm debela. Glavna ušteda u poredbi sa mogućom izvedbom od običnog armiranog betona jest u tom, što nije bila potrebna oplata.

B. P.

VIJESTI IZ PRIVREDE

OSNIVAČKA SKUPŠTINA UDRUŽENJA GRAĐEVINSKIH PODUZEĆA FNRJ

Od 28. veljače do 3. ožujka o. g. održana je u Opatiji osnivačka skupština Udruženja građevinskih poduzeća FNRJ. Skupština je prihvatila statut Udruženja, izabrala Upravni odbor i republičke odbore i razmotrila mnogobrojna pitanja građevinske operative.

Skupština je prihvatila statut, prema kojem je prvenstveni zadatak Udruženja da se bori za izmjenu Uredbe o udruživanju privrednih organizacija, u cilju da se omogući osnivanje građevinskih komora.

Za predsjednika Udruženja izabran je Miloš Jarić, za podpredsjednika Jakov Bijelić i Milan Zec, a za sekretara Ing. Milutin Maksimović. Za predsjednika Republičkog odbora NRH izabran je Ing. Mišo Bauer, a za sekretara Dragoje Azanjac.

Na skupštini je bilo zastupano 187 poduzeća sa 463 delegata.

Pored čisto organizacionih pitanja razmotrena su i sva pitanja koja interesiraju građevinsku operativu, pa su po tim pitanjima donijeti ovi zaključci:

Platni fond

Po pitanju plata radnika i službenika u privredi skupština pozdravlja zamisao da one u 1954 godini ostanu na istom nivou kao u 1953 godini. Pri tome obračunski fond plata treba da pokrije iznos zarada, koje odgovaraju prosječnom neoporezovanom fondu plata u 1953 godini. Dosljedno tome instrumenti za njegovo formiranje treba da su u skladu sa tim principom. Skupština pozdravlja prijedlog da ovi instrumenti budu na bazi kategorizacije radne snage, jer su tako postavljeni instrumenti elastičniji za primjenu i omogućavaju prilagođavanje individualnoj strukturi radne snage u pojedinim građevinskim preduzećima. S tim u vezi Skupština smatra da je potrebno obezbijediti građevinskim radnicima 2496 efektivnih radnih časova godišnje, uključujući u taj broj i godišnji odmor i bolovanje do 7 dana. Međutim, građevinarstvo ne može da radi svih 12 meseci u godini, pa treba dozvoliti produženje radnog vremena u mjesecima glavne sezone i na taj način omogućiti ostvarenje navedenog broja efektivnih časova.

Skupština preporučuje svim građevinskim preduzećima da obrate pažnju na realnost norme, jer u današnjim uslovima ne postoji mogućnost da se kao baza obračuna uzme norma čas.

Po pitanju pokrića dodataka za otežane uslove rada pod vodom i zemljom, na visokim skelama i t. d. Skupština smatra da obračunski fond plata za takva gradilišta treba povećati, i to putem odobrenja izvjesnog procenta sa strane komune na čijem se terenu gradilište nalazi.

Po pitanju terenskih dodataka i dnevnica, sa socijalnim doprinosom na njih, Skupština smatra da iste treba pokriti iz dobiti prije oporezovanja, da ne bi došlo do poskupljenja građevinskih radova kod kojih se ovi dodaci isplaćuju. Da bi se onemogućilo povećavanje fonda plata kroz neopravdane terenske dodatke, smatramo da to treba spriječiti na taj način, što bi komune odobravale pojedinim gradilištima izvjesne procente od proračunskog fonda plata, a u okviru republičkih plafona koje bi regulirao savezni propis, do koga preduzeća mogu iz dobiti, prije oporezovanja, izdvajati iznos za ove dodatke. Davanje terenskih dodataka ne treba vezati uz kvalifikaciju radne snage, nego za mogućnost obezbjeđenja potrebne radne snage na pojedinim gradilištima iz lokalnih izvora. Isto tako terenski dodatak ne bi smio da ovisi o sjedištu preduzeća, nego o mjestu stalnog boravka radnika.

U pogledu specijalnih dodataka osoblja na plovnim objektima kod pomorsko-građevinskih preduzeća, iste treba tretirati na podjednak način kako su postavljeni kod preduzeća Pomorskog i Riječnog saobraćaja.

Skupština smatra da se u građevinarstvu ne može primijeniti obračunski period od mjesec dana, pa predlaže da se privremeni obračun u građevinskim preduzećima vrši za stanje na dan 30. VI., 30. IX. i 31. XII. u godini, s tim, da se obračun podnosi 45 dana po isteku navedenih rokova.

Da bi se u toku obračunskih perioda omogućila isplata ostvarenih zarada, a obzirom na dužinu obračunskih perioda i sezonski karakter rada, predlažemo, da banka u toku obračunskog perioda stavlja na raspolaganje građevinskim preduzećima iznos obračunskog fonda plata uvećan za 10% i iznos potreban za pokriće terenskih dodataka i dnevnica do visine odobrenog procenta sa strane komune gradilišta.

Smatramo da troškove prijevoza radnika na radna mjesta koji prelaze iznos od 600.— dinara mjesečno treba smatrati i priznati u obračunu kao materijalni trošak.

Skupština pozdravlja odluku Saveznog Izvršnog Vijeća o plaćanju radnika u građevinarstvu za vrijeme koje ne mogu da rade uslijed elementarnih nepogoda i klimatskih uslova i stavlja u dužnost Upravnov odboru udruženja da preduzme potrebno za definitivno rješenje ovog pitanja i ubuduće. Pri tome smatramo da časove izgubljene uslijed elementarnih nepogoda treba priznati kao efektivne radne časove i kao takve unijeti ih u osnovicu za utvrđivanje obračunskog fonda plata, da bi se obezbijedilo pokriće ovih plaćanja.

Skupština stavlja u zadatak Upravnom odboru udruženja da prouči problem kvalifikacije i razvrstavanja radnika i službenika na pojedinim radnim mjestima u građevinarstvu i da o tome da svoj prijedlog.

Skupština poziva sve građevinske kolektive da prodiskutuju i daju svoje prijedloge po pitanju sistema plata za 1955 godinu, obzirom na privremeni karakter sadašnjih instrumenata. Jednovremeno stavlja se u dužnost Upravnom odboru Udruženja da po ovom pitanju održava sastanke sa sindikatima i određenim komisijama državnih organa, da bi se obezbijedila puna saradnja svih kolektiva na rješavanju ovog problema.

Obrtna sredstva i bilansi za kontrolu kreditne sposobnosti preduzeća

Skupština predlaže Upravnom odboru, da kod nadležnih organa narodne vlasti ishodi:

1. da se krediti za stalna obrtna sredstva dobivaju bez konkursa uz stalnu kamatnu stopu. Visinu kredita predlažemo da iznosi 15—20% prošlogodišnjeg bruto produkta. Ta visina kredita potrebna je preduzeću za obezbjeđenje zaliha materijala, proizvodnje u toku i pripremnih radova, koji se postepeno naplaćuju od investitora. Uredbom je to predviđeno za sve privredne grane, pa je nerazumljivo zašto Narodna banka tretira građevinarstvo drugačije.

U građevinarstvu je brzina obrta novca poprečno 6 puta godišnje i to u nejednakim razmacima (zimi i u proljeće sporije — ljeti i u jesen brže). Zato smatramo da je predloženi postotak realan.

Prošlogodišnji bruto produkt kao osnova za definiranje kapaciteta građevinskog preduzeća uzet je radi toga, da se preduzeću omogući da blagovremeno nabavi sve potrebno, kako za objekte koji se nastavljaju iz prošle godine, tako i za nove radove. Ako preduzeće raspolaže sa takvim iznosom stalnih obrtnih sredstava, ono je u mogućnosti na vrijeme započeti radove i iskoristiti svoj puni kapacitet na korist društvene zajednice.

Kada preduzeće primi toliko zadataka, da je premašen prošlogodišnji zadatak, ono na bazi ugovora sa novim investitorima ima pravo kod Narodne Banke tražiti i dobiti povećanje obrtnih sredstava.

2. Dopunska obrtna sredstva, koja služe za pokrivanje vanrednih potreba, dobivaju se od Narodne banke, i to: ili na osnovu ugovora, ili na osnovu konkursa, kako je to predviđeno propisima postojeće Uredbe.

Razlog za potrebom dopunskih obrtnih sredstava može nastati kada preduzeće nema dovoljno stalnih obrtnih sredstava, a mora izvršiti hitno plaćanja. Takav slučaj može nastupiti ako preduzeću, na primjer, stignu veće količine skupog materijala, koga treba odmah platiti, a bit će ugrađen tek nakon dužeg vremena, ili kada je preduzeće prisiljeno da isplati opsežnije izvršene obrtničke radove, koje će naplatiti od investitora tek kasnije, putem situacija.

Dopunska obrtna sredstva imaju karakter terminskog kredita i vraćaju se Banci u rokovima predviđenim postojećim propisima.

3. Porez na promet, koga danas plaća preduzeće prilikom podizanja kredita kod Narodne banke, smatramo da je protuzakonit i da ga Banka bespravno naplaćuje. Taj porez, prema našem mišljenju, trebalo bi da snosi Banka, kao davalac kredita, na teret svojih prihoda.

4. Bilansi, po kojima Banka kontroliše kreditnu sposobnost preduzeća, trebalo bi prilagoditi predloženim obračunskim periodima, t. j. trebalo bi Banci dostavljati godišnje samo 3 bilansa. Privremeno za VI i IX mjesec, a godišnji bilans kao završni i definitivni obračun.

Predlažemo Upravnom odboru da ishodi kod Narodne banke, da se gornji predlog usvoji kao jedino realan za građevinarstvo.

III. Osnovna sredstva

1. Obzirom na činjenicu da je građevinarstvo po svojoj opremljenosti jedna od najzaostalijih grana naše privrede i da raspolaže sa dotrajalom opremom, neophodno je preduzeti hitne mjere koje bi omogućile regeneraciju postojeće i nabavku nove mehanizacije. Radi toga je nužno, u granicama raspoloživih deviznih sredstava, omogućiti nabavku nove mehanizacije. Radi toga predlažemo slijedeće:

a) Osloboditi jedan dio fonda za samostalno raspolaganje radi kupovine one opreme koja se u zemlji ne proizvodi nego se mora uvesti.

b) Povećati postotak amortizacionog fonda za zamjenu koji se može upotrebiti za plaćanje uvežene opreme i rezervnih dijelova.

c) Iz dobivenih investicionih zajmova odobriti plaćanje određene uvozne opreme.

d) Iz amortizacionog fonda za zamjenu dozvoliti nabavku svih građevinskih mašina, a ne samo onih koje su dotrajale. Ovo je neophodno zbog toga što se nabavkom građevinskih mašina može produžiti već postojeći proces proizvodnje, a ne može se proizvoditi ništa drugo osim građevinskih radova.

e) Nabavu rezervnih dijelova za mašine koje su uvezene iz inostranstva treba osloboditi uvoznog koeficijenta, jer primjenom sadašnjih deviznih propisa dolazimo u situaciju da jedan rezervni dio košta više nego što je cjelokupna procijenjena vrijednost mašine.

2. Po pitanju amortizacije postignut je krupan napredak u odnosu na dosadašnji metod. Mi moramo konstatovati da i sadašnje mjere ne odgovaraju uslovima građevinarstva. Stope amortizacije su niske, a naročito onaj dio koji služi za održavanje. Pošto građevinarstvo raspolaže sa dotrajalom mehanizacijom, to su i troškovi održavanja znatno viši. Obzirom na činjenicu da sve do ove godine zbog postojećih propisa nije bilo moguće stvoriti odgovarajući amortizacioni fond, predlažemo da se poveća postotak amortizacije koja odlazi u fond za održavanje. Taj postotak trebalo bi da odredi Vijeće proizvođača komune u zavisnosti od stanja mehanizacije preduzeća.

3. Stope amortizacije za motorna vozila u građevinarstvu treba povećati, pošto se kamioni u građevinarstvu uglavnom upotrebljavaju na privremenim i lošim putevima, te vijek trajanja ovih kamiona svakako mora biti kraći.

4. Naknada za iznajmljena osnovna sredstva uplaćuje se prema propisima u Fond amortizacije (dio za zamjenu). Ovaj propis treba mijenjati iz slijedećih razloga:

a) Naknada za najam obuhvaća ne samo amortizaciju nego i kamate na osnovna sredstva i premiju za osiguranje kod DOZ-a.

b) Za vrijeme najma ova mašina ne proizvodi za svoje preduzeće, te se na taj način umanjuju i prihodi

preduzeća — dok troškovi ostaju isti. Na osnovu ove činjenice predlažemo, da se iznos najma ne uplaćuje u cijelosti u amortizacioni fond, već da se dijeli za pokriće gore navedenih elemenata troškova.

5. Postojeći propisi definišu da se potrebna sredstva za proizvodnju dodjeljuju gradilištima, a sa njima i dio amortizacionog fonda za njihovo održavanje. Prema našem mišljenju ovakva postavka za građevinarstvo nije pravilna, iz slijedećih razloga:

a) Sredstva za proizvodnju predala je društvena zajednica na upravljanje građevinskom preduzeću, a ne pojedinim gradilištima.

b) Građevinsko preduzeće je jedna ekonomska nedjeljiva jedinica, dok je gradilište samo mjesto gdje se proizvod stvara.

c) Proces rada u građevinarstvu zahtijeva stalno prebacivanje sredstava za proizvodnju sa jednog gradilišta na drugo.

Radi toga mi predlažemo da se sva osnovna sredstva i amortizacioni fond vode za preduzeće kao cjelina.

6. Postojeći propisi predviđaju da prilikom prodaje kamiona privredna organizacija plaća porez po stopi od 200% od prodajne vrijednosti. Mi smatramo da bi se od ovog poreza trebalo odustati, kada su u pitanju rashodovani kamioni.

7. Pošto je konstatovano da su u mnogim građevinskim preduzećima prilikom revalorizacije osnovnih sredstava napravljene izvjesne greške, i mi smatramo da je potrebno izvršiti njenu ponovnu kontrolu. Radi toga, stavlja se u zadatak Upravnom odboru Udruženja da kod Centralne komisije FNRJ za procjenu osnovnih sredstava izdjejstvuje, da financijske inspekcije na terenu izvrše reviziju revalorizacije osnovnih sredstava, a istovremeno i reviziju elaborata za proračun amortizacije u 1954. godini.

Skupština konstatuje da se kod građevinskih preduzeća pojavljuje potreba za formiranje posebnog fonda, koji će da pokriva sve troškove eventualnih popravki u periodu garantnog roka.

Stavlja se u zadatak Upravnom odboru Udruženja da ovo pritanje detaljno prouči i sastavi prijedlog za formiranje fonda i za obezbjeđenje sredstava za isti.

Odnos gradilišta i sjedišta preduzeća i odnos komuna

Građevinsko preduzeće predstavlja jednu ekonomsku cjelinu, te se kao takvo mora posmatrati i po pitanjima odnosa gradilišta i sjedišta preduzeća s jedne strane, kao i po pitanju odnosa prema komuni sjedišta i komuni gradilišta. Dosljedno tome, smatramo da postojeći propisi, koji regulišu nadležnost komune u određivanju instrumenata za podjelu dobiti, ne odgovaraju i nisu primjenljivi za građevinska preduzeća, koja rade na teritoriji više srezova, pa i više republika. Da bi se obezbijedila ekonomska cjelina preduzeća i omogućilo učestvovanje komuna u raspodjeli dobiti, predlažemo:

a) da instrumente za raspodjelu dobiti određuje komuna sjedišta preduzeća za cijelo preduzeće i ona vrši nadzor nad poslovanjem preduzeća i u mogućnosti je da najbolje ocijeni stanje preduzeća, a pored toga ta komuna daje garanciju za preduzeća pri eventualno mtraženju kredita za obrtna i osnovna sredstva.

b) da se ukupna masa dobiti koja pripada komunama raspodijeli na sve komune gradilišta srazmjerno obračunskom fondu plata pojedinog gradilišta.

U pogledu pogona građevinskih preduzeća smatramo da treba u svemu tretirati kao i gradilišta, jer su oni i oformljeni jedino radi gradilišta.

Kapacitet građevinskih preduzeća

Iz diskusije je proizašlo:

— Potražnja za građevinskim proizvodima još uvijek nije u skladu sa kapacitetom građevinske operative.

— To s jedne strane onemogućava pozitivno djelovanje novih ekonomskih mjera, poskupljavanje proizvodne cijene, a s druge strane usporava tempo napredovanja radova na ključnim objektima.

— Politikom financiranja investicija ovaj nesklad može se i mora se otkloniti.

— Prilikom utvrđivanja obima investicija treba dati prilike i predstavnicima Udruženja da iznesu svoje argumente u pogledu kapaciteta građevinske operative.

— Ključ za rješenje ovog problema ipak ne treba tražiti u smanjenju obima investicija, nego, i u prvom redu, u povećanju kapaciteta građevinske operative odnosno, u krajnoj liniji, u povećanju produktivnosti rada.

U tom cilju potrebno je između ostalog:

1. Odlučnije nego dosada primjenjivati savremenije metode građenja.

— Što prije usvojiti i na naše prilike primijeniti metode koje su u tehnički naprednijim zemljama već odavno prorađene. Tu u prvom redu mislimo na Njemačku, Francusku, Švajcarsku, Belgiju, Švedsku, tj. na one zemlje koje primjenjuju takvu mehanizaciju i takve metode građenja, koje najviše odgovaraju našim prilikama i uslovima.

— Organizovati stalnu razmjenu stručnih kadrova među preduzećima različitog tehničkog i organizacionog nivoa.

— Obezbijediti da se naporedo sa građenjem svih važnijih objekata izrađuje i kompletna tehničko-ekonomska dokumentacija građenja. Obzirom da ovaj rad spada u domen posebnih studija, koje se uz redovan posao i redovno radno vrijeme ne mogu uspješno obaviti — njega treba posebno honorisati.

— Organizovati stalnu izložbu novih materijala, nove mehanizacije i savremenih metoda građenja. Tu naši stručnjaci treba da u svakom momentu nađu ne samo stručnu literaturu, časopise, biltene, prospekte sa tehničkim podacima, nego i uzorke svega što se kod nas ili u inostranstvu proizvodi i za naše prilike pretstavlja novost u građevinarstvu.

— Preko Udruženja obezbijediti izdavanje stručnog ekonomsko-tehničkog časopisa, koji bi istovremeno bio i organ Udruženja.

2. Odlučnije nego dosada prići mehaniziranju građevinskih radova.

— Predložiti izmjenu predviđenog krutog obračunskog prosjeka plata, jer on destimulativno djejstvuje na mehaniziranje građevinskih radova.

— Prekinuti sa štetnom praksom da se rukovodioci građevinskih preduzeća »u cilju štednje« ustručavaju da zaposle mašinske inženjere i tehničare i uopšte stručnjake za građevinske mašine. Plate mašinskih stručnjaka uskladiti sa platama u industriji.

— Pri Udruženju građevinskih preduzeća formirati posebnu sekciju (biro) za unapređenje građevinske mehanizacije.

— U pogledu mogućnosti za nabavku mehanizacije iz uvoza (one koja se u zemlji još ne proizvodi) izjednačiti građevinska sa svim ostalim preduzećima. Uz mašine obavezno nabavljati i rezervne dijelove.

3. *Preduzeti mjere koje će doprinijeti ustaljivanju i prilivu nove radne snage u građevinarstvo.*

— Iako u znatno blažoj formi no ranije, i prošle godine osjećala se oskudica radne snage, naročito one visoko kvalificirane.

— No možemo očekivati da ćemo problem radne snage ove ili narednih godina skinuti s dnevnog reda.

— Teži uslovi rada, veći fizički napori, stanje odijela i obuće, sezonski i nomadski karakter građevinarstva, veći životni troškovi — neosporno destimulativno djejstvuju na priliv i ustaljivanje radne snage u građevinarstvu. U vezi s tim treba preduzeti:

— Stvoriti bolje uslove za život i rad građevinskih radnika (izgradnjom higijenskih stanova na gradilištima i porodičnih stanova u građevinskim centrima). Bez obzira na to da li je investitor u pripremnim radovima predvidio izdatke za smještaj građevinskih radnika, njih u svakom slučaju treba kalkulisati. Konkurencija među preduzećima, koja bazira na pogoršanju životnih uslova radnika, nema nikakve veze sa socijalističkim takmičenjem.

— Posvetiti veću brigu higijensko-tehničkoj zaštiti rada. To nam ne nalaže samo naša savjest i osjećaj čovječanske odgovornosti nego i ekonomska računica.

— Posvetiti veću pažnju stručnom osposobljavanju radnika i omogućiti im ne samo da kroz rad u kompleksnim brigadama stiču stručno praktično znanje, nego i da polažu određene ispite za sticanje viših kvalifikacija.

— Predložiti da se donesu takvi propisi o plati građevinskih radnika koji će voditi računa o svemu što je gore rečeno i omogućiti da plate građevinskih radnika budu bar za 20% veće od plata radnika koji rade pod lakšim uslovima.

4. *Stimulirati stručne kadrove za rad u operativi.*

— Osjeća se permanentna tendencija da se iskusni inženjeri i tehničari povlače iz operative u ustanove.

— Slab je odziv mladih ljudi da po svršenom školovanju odlaze na teren; oni se radije zadržavaju u velikim centrima.

— Razlog tome treba tražiti ne samo u neshvatanju osnovnih dužnosti svoga poziva, nego i u težim uslovima života i rada tehničkih stručnjaka u operativi (duže radno vrijeme, veći rizik i odgovornost ne samo za lični rad nego i za rad velikog broja ljudi, veći životni troškovi, intenzivnije trošenje radne sposobnosti i t. d.), relativno mala razlika u platama u odnosu na stručnjake zaposlene u ustanovama ili većim centrima.

— Ne dostaje jedinstveni kriterijum za kategorizaciju radnih mjesta stručnjaka u građevinskim preduzećima. Nju treba izvršiti prema složenosti i odgovornosti odnosno prema nivou neophodnog stručnog znanja, kao i organizacionih sposobnosti onoga koji odgovarajuće radno mjesto zauzima.

— Pored toga što kroz tarifne pravilnike treba riješiti pitanje pravilnog nagrađivanja stručnih rukovodećih kadrova u građevinskoj operativi, predlažemo da se donesu propisi po kojima će se njima priznati u godine službe za sticanje prava na penziju faktor 1,2 na stvarno provedeno vrijeme u operativi.

5. *Odgajanje podmlatka stručnih građevinskih radnika.*

— Iskusni visoko kvalificirani radnici više ispadaju iz stroja no što mi uspijevamo da im stvorimo zamjenu;

— Škole učenika u privredi nisu dale očekivane rezultate. Polovina od upisanih učenika odustala je od daljeg izučavanja zanata još u toku školovanja, a od svršenih učenika dobar dio iskoristio je prvu priliku da napusti građevinarstvo i ode tamo gdje su uslovi rada povoljniji.

— Predložiti da komune osnuju posebne škole za učenike građevinske struke, s tim da građevinska preduzeća uplaćuju određene doprinose koje će ukalkulisati u svoje prodajne cijene.

— Učenicima omogućiti duži praktičan rad na terenu, vodeći računa o činjenici da su gradilišta najbolja stručna škola za izučavanje građevinskih zanata.

— Razraditi nove nastavne planove za škole učenika građevinske struke.

Razno

1. *Radovi koje pojedini investitori izvode u režiji.*

— Pojedini investitori (Vojne pošte, komune i dr.) plaćaju za radove koje izvode u režiji terenske dodatke u punom iznosu dnevnica i druge specijalne dodatke, što znatno premaša prosječni fond plata radnika u građevinskim preduzećima;

— Dužnost je svih rukovodilaca građevinskih preduzeća da dokumentovane podatke o ovome dostavljaju Udruženju, kako bi ono moglo preduzimati odgovarajuće korake.

— Radove na izgradnji novih puteva, koje treba da radi Armija u režiji, smatramo da treba putem licitacija izdati građevinskim preduzećima, bilo vojnim ili civilnim. Ovo zbog toga, što postoje uigrani kolektivi i neiskorišćeni kapaciteti za ovu vrstu radova. Ukoliko bi Komanda inženjerije izvjesne radove izvodila u režiji, na njih treba primijeniti sve postojeće propise koji se odnose na građevinska preduzeća.

2. *Licitacioni elaborati.*

— Investitori su često mimo postojećih zakonskih propisa raspisivali licitacije bez kompletnih tehničkih elaborata, što je negativno utjecalo na organizaciju, rokove i cijene građevinskih radova.

— Skupština poziva sve izvođače, da na takve licitacije ne izlaze, a Udruženju stavlja u zadatak da interveniše u slučaju kršenja ovog dogovora.

— Posebna dužnost Udruženja je da preduzima odgovarajuće korake u svim slučajevima kad investitor pokuša da sprovede licitaciju mimo zakonskih propisa.

— Za sve važnije pozicije radova treba razraditi jedinstveni tehnički opis građevinskih i zanatskih radova.

— Donijeti jedinstvene »opšte uslove« za izvođenje građevinskih radova koji se ustupaju putem licitacija.

— Da bi se ponude pojedinih preduzeća mogle uporeživati, a istovremeno onemogućila i nelojalna konkurencija, smatramo da investitor uz licitacionu elaborat mora dati i cjenovnik materijala koji bi za sve licitante bio baza za obračun razlike u cijeni materijala.

— Uz ostala dokumenta licitacionog elaborata investitor treba obavezno da priloži i potvrdu Narodne banke o obezbjeđenju kredita.

— Projektne organizacije skoro po pravilu daju nepotpune opise i nerealne predmjere, čime dovode u zabunu i materijalnu štetu ne samo investitora nego i izvođača. Predložiti donošenje propisa o materijalnoj odgovornosti projektnih organizacija u takvim slučajevima.

— Revizione komisije treba da pooštre kriterijum kod pregleda i odobravanja projektnih elaborata. Nekompletni elaborati ne bi ubuduće smjeli biti odobravani. Revizione komisije treba činiti odgovornim za njihov rad.

3. Nadzorni organi.

— Nadzorni organi često nemaju potrebnih stručnih kvalifikacija.

— Predložiti donošenje propisa o stručnoj spremi nadzornih organa.

4. Građevinsko zanatstvo

— Obzirom na građevinsko zanatstvo čini organsku cjelinu sa građevinarstvom u širem smislu, te ono u okviru Udruženja ima dobiti odgovarajuće mjesto. Njemu treba pokloniti punu pažnju, jer ono kod visokogradnje predstavlja po vrijednosti 50%, a po vremenu još i više.

— Pošto su građevinska preduzeća naručioci zanatskih radova, ona treba da izbjegavaju sve negativne pojave u kojih će u dosadanjoj praksi uvijek bilo, a koje su samo štetile interesima izvođenja radova u cjelini:

a) Licitacije za zanatske radove treba raspisivati blagovremeno, t. j. prije no što se ukaže neposredna potreba za njihovim izvođenjem. Licitacioni elaborati pored opisa treba da sadrže i potrebne detalje, što bi omogućilo blagovremenu nabavku materijala i pripremanje onog dijela zanatskih radova koji se ne izvode na samom objektu već u radionicama.

b) Pridržavati se planskog redosljeda u izvođenju građevinskih radova i ne tražiti da se sa njima otpočinje prije no što uslovi na gradilištu dozvoljavaju, jer u protivnom uvijek dolazi do oštećenja već izvršenih radova i nepotrebnog apsorbovanja i onako nedovoljnih zanatskih kadrova.

— Zanatski radovi izvode se još uvijek na primitivan način. Treba nastojati da se zanatskim preduzećima omogući nabavka ručnog mehanizovanog alata u inostranstvu (kod nas ga nema), jer bi u tome u velikoj mjeri riješili problem stručnih zanatsko-građevinskih radnika.

— Kod radova u vještačkom mermeru, gipsarsko likorezačkih radova i drugih zanata koji izumiru naći mogućnosti za posebno stimuliranje majstora u obučavanju mladih kadrova.

— Da bi se pooštrila kontrola nad radom privatnih zanatlija, preduzeća treba između ostalog, da komunama dostavljaju izvještaj o vrijednosti zaključenih radova sa privatnicima.

IZ DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA NRH

O RADU PODRUŽNICE DGIT-a U RIJECI

U broju 4—1953 donijeli smo prikaz rada riječke podružnice Društva građevinskih inženjera i tehničara do kraja rujna 1953. Osvrnut ćemo se sada ukratko na rad te podružnice u posljednjem kvartalu 1953 godine.

Članovi podružnice održali su 3 predavanja, i to:

Ing. Davor Švalba: Problem željezničkog čvora u regulacionom planu grada Rijeke.

Ing. Lujo Rac: Problemi vodoopskrbe grada Rijeke.

Ing. Cvetko Premuš: Problemi cestovnog i željezničkog čvora u Rijeci.

Održane su još 3 ekskurzije i to:

29 X 1953. Pregled gradnje separacije u Podpićnu. Izvađač građevno poduzeće »Jadran«. Jedan dio učesnika pregledao je i radove u ugljenokopu.

10 XI 1953. Pregled vodoopskrbnih objekata grada Rijeke u Zviru i Martinšćici.

12 do 14 XII 1953. Pregled radova na gradnji vodovoda za Cres i Lošinj. Izvođač »Vodogradnja«.

Prema tome održano je u god. 1953 ukupno 10 stručnih ekskurzija.

Podružnica je sudjelovala u organiziranju savjetovanja hidrotehničara FNRJ, koje je održano od 4 do 6 XII 1953 u Opatiji.

Održano je jedno uspjelo društveno veče.

U god. 1953 primljeno je 150 članova (50 inženjera i 100 tehničara), od kojih su do godišnje skupštine 132 uplatili članarinu do kraja protekle godine.

15 I 1954 održana je godišnja skupština podružnice, na kojoj su tajnim glasanjem izabrani članovi novog upravnog i nadzornog odbora podružnice.

Novi upravni odbor:
predsjednik: Ing. Leo Babić,
potpredsjednik: tehn. Stjepan Jurić,
tajnici: Ing. Ozren Sekulić i Ing. Velimir Juračić,
blagajnik: tehn. Bogomil Ćiković,
ostali članovi odbora: Ing Josip Čikoš, Ing. Ante Draganić, tehn. Renato Host, tehn. Zlatko Kinder, Ing. Simo Kudiš, Ing. Makso Pahor, Ing. Lujo Rac, Ing. Mate Senjanović, Ing. Davor Švalba, tehn. Marija Tomašević i Ing. Nikola Vekarić.

Novi nadzorni odbor:
Ing. Božidar Ekl, predsjednik, tehn. Đuro Jany i tehn. Tomislav Koščina.

III. SAVJETOVANJE JUGOSLOVENSKIH SEKCIJA ZA VISOKE BRANE

održat će se od 7—10 oktobra 1954 na Bledu.

Na dnevnom redu savjetovanja su sva pitanja, koja su u vezi sa izgradnjom brana, a naročito ova:

1) problemi akumulacionih basena,
2) velike vode i njihova evakuacija,
3) hidraulička ispitivanja na modelima i u naravi,
4) projektiranje i ispitivanje svih vrsta brana,
5) beton i cement za visoke brane,
6) injektiranje i konsolidacija tla,
7) građenje i organizacija gradilišta.

Pozivaju se svi zainteresirani da obrade probleme iz djelatnosti na izgradnji naših brana. Referati za savjetovanje štampat će se u posebnom broju časopisa »Naše građevinarstvo«, koji će izići prije savjetovanja. U skladu s time, svi referati moraju se dostaviti sekretaru sekcije u četiri primjerka, opremljeni po propisima za objavljivanje u časopisu, najkasnije do 1 maja 1954 Referati, koji stignu poslije toga roka, ne će se moći objaviti, a moći će se uvrstiti u program savjetovanja samo iznimno, ako odbor Sekcije to odobri

Vlasnik i izdavač: Društvo građevinskih inženjera i tehničara Hrvatske. Glavni urednik: Ing. F. Simić. — Tisak: »Tipografija« grafičko-nakladni zavod, Zagreb.

POZIV NA PRETPLATU

Molimo sve naše pretplatnike da obnove pretplatu za časopis »Građevinar«, VI. godište 1954.

Časopis izlazi 6 puta godišnje.

Članovi Društva građevinskih inženjera i tehničara NR Hrvatske, koji redovno plaćaju povišenu članarinu, dobivaju časopis besplatno.

Pretplatnu treba doznačiti na tekući račun kod Narodne banke F.N.R.J., Filijala Zagreb br. 402-T-812.

P r e t p l a t a za cijenu godinu iznosi za pojedince Din 600.—, za pola godine Din 300.—, pojedini broj Din 100.—.